This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

THE GIFT OF
Mr. L. Pennington.

SD
373
.R87

CULTURE

ET

EXPLOITATION DES ARBRES.

104

8/4/93

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR :

Culture, exploitation et aménagement du chêne liége en France et en Algérie. — 1 vol. in-8° 80 pages. — Paris, veuve Bouchard-Huzard. — 1859. — Prix . . . . . **2** fr.

Les études de maître Pierre sur l'agriculture et les forêts, 1 vol. in 8° 92 pages. — Ouvrage couronné par l'académie d'Aix. — Paris, librairie agricole de la Maison Rustique. — 1863. — Prix . . . . . **1** fr.

Dictionnaire général des forêts. — Législation et administration depuis 1672 jusqu'en 1871. — 1 vol. grand in-8°, 1200 pages, avec planches et modèles. — Nice, 1871. — (Epuisé).

Réflexions et conseils sur l'agriculture. — Publication populaire de la Société d'agriculture de Nice et des Alpes-Maritimes. — Broch. in 8°, 60 pages. — Nice, 1874. — (Epuisé).

Le fumier de ferme. — Son action. sa préparation et son emploi. — Conditions d'établissement d'une fumière. — Broch. petit in 8°, 56 pages. — Paris, Berger-Levrault, 1875. — Prix . . . **1** fr.

Etudes sur le moyen de cultiver la vigne, de manière à la faire vivre et fructifier malgré le phylloxera. — Broch. petit in-8°, 28 pages. — Brignoles. — 1876. — (Epuisé).

Principes de l'éducation des vers-à-soie. — Broch. petit in-8°, 20 pages. — Brignoles, 1877. — (Epuisé).

Le Pâturage sur les terrains gazonnés et boisés. — Règles pratiques du parcours. — Broch. in-8°, 40 pages. — Nice, 1878. — Prix **1** fr.

Recherches expérimentales sur les écorces à tan du chêne yeuse, relativement à la production et à l'aménagement des forêts de cette essence. — Exposition universelle de 1878. — Broch. grand in-8°, 63 pages avec planches. — Paris, Imprimerie Nationale, 1878.

CULTURE

ET

EXPLOITATION DES ARBRES

ÉTUDES

SUR

les relations et l'application

DES LOIS NATURELLES DE LA CRÉATION

DES CONDITIONS CLIMATÉRIQUES

ET DES PRINCIPES DE LA PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE COMPARÉE

AVEC

les conditions normales d'existence, de propagation, de culture et d'exploitation

DES ARBRES

ISOLÉS OU EN MASSIF

PAR

ANTONIN ROUSSET

Inspecteur des Forêts.

Rassemblons des faits pour avoir des idées.

BUFFON.

PARIS

AU BUREAU DE LA REVUE DES EAUX ET FORÊTS

13, Rue Fontaine-au-Roi, 13.

1882

Tous droits réservés.

AU LECTEUR.

Pourquoi ce livre a été écrit.

Voici ce que nous écrivions en 1867, il y a près de 15 ans, au directeur de la *Revue des eaux et forêts*, relativement à l'influence des forêts sur le régime des eaux.

« M. V..... demande qu'on veuille bien entrer dans « l'étude des faits : « On affirme partout et toujours, « dit-il, et on ne démontre jamais. » Voilà ce que nul, « pas même l'auteur, ne peut contredire. Vous deman- « dez aussi des faits : *gesta non verba*, dites-vous avec « raison. — Des faits, des faits, dirais-je, aussi ; plus « d'hypothèses, plus d'observations isolées, ni d'opinions « savantes.

« Pour élucider complétement cette question sur tou- « tes ses faces, il faut l'étudier d'après des *faits certains*, « *bien circonscrits et comparatifs*. Tout est là : bien que « rien ne paraisse plus logique et plus facile, on est ce- « pendant obligé de convenir que, malgré le progrès « général de toutes les sciences et les recherches les plus « intelligentes, la solution définitive de ce problème « semble encore bien éloignée.

« Lorsque parmi les savants qui ont étudié les forêts « on peut compter Buffon, Duhamel du Monceau, Varen- « nes de Fénilles, Boussingault, Humbold, Gay-Lussac, « Arago, Babinet, et tant d'autres, on doit reconnaître « que jamais question n'a eu de plus illustres et de plus « consciencieux observateurs.

« Pourquoi n'est-elle donc pas résolue ? Pourquoi y « a-t-il encore des divergences d'opinion ? Parce que « jadis, comme aujourd'hui, les bases des observations « manquaient ; parce que les *faits certains* nécessaires

262575

« n'ont jamais existé : bien plus, ils ne peuvent pas exis-
« ter à l'état de nature.

« Paradoxe, dira-t-on, peut-être, tous ces faits exis-
« tent. Evidemment. Mais s'ils défient l'observation la
« plus minutieuse et l'analyse la plus savante, quelle est
« alors leur utilité pour la science ? Or, les forêts ont
« toujours été examinées l'état de phénomènes com-
« plexes, tandis qu'il aurait fallu circonscrire chacune de
« leurs fonctions pour pouvoir l'analyser et la comparer.

« Citons un exemple : nul ne songera à nier l'existence
« de la vapeur d'eau dans la nature, mais, pour en déter-
« miner les lois et en utiliser la force, n'a-t-il pas fallu
« rendre le fait de la production et de la tension de la
« vapeur *certain et comparable*, en l'isolant en vase clos ?
« La science a pu alors s'appuyer sur une base solide. Les
« résultats inappréciables de cette force dépendaient donc
« de la disposition nécessaire pour permettre la repro-
« duction à volonté d'un phénomène déterminé ; ou, pour
« mieux dire, de la manifestation d'un fait rendu *certain*,
« en l'isolant des circonstances particulières, qui, à l'état
« de nature, en avaient jusqu'alors empêché l'analyse et
« l'étude exacte.

« Toutes les sciences offrent des exemples analogues. Les
« savants, en circonscrivant les faits généraux et naturels,
« créent, si l'on peut s'exprimer ainsi, des faits certains
« et comparables, servant ensuite de base fondamentale
« à des théories éternellement vraies.

« Voilà quelle aurait dû être la marche à suivre pour
« l'étude des problèmes relatifs aux forêts ; au lieu de
« cela, qu'a-t-on fait ? Chacun a examiné un phénomène
« général et complexe ; ensuite, sans songer à l'isoler
« et à le rendre *certain*, sans savoir surtout si on pouvait
« le prendre pour terme de comparaison, on l'a présenté
« comme formant la base d'un système complet. Chacun
« à présenté le sien, et la preuve du défaut de simillitude

« dans les faits observés ressort de la divergence des « conséquences déduites . . . . . .
« . . . . . Voilà les conséquences forcées « de toutes les recherches isolées, et d'après la méthode « suivie jusqu'ici ; qu'en résulte-t-il ? Pour les observa- « teurs, peine, dépenses et découragement; pour le public, « dédain et doute, sur une question qu'il croit insoluble, « ou dont il attribue volontiers l'obscurité à l'insuffisance « de la science, sinon à l'incapacité des savants.

« . . . . . Cette enquête de l'action « réciproque du terrain, de la configuration du sol et de « la végétation, sous des influences atmosphériques « égales, telles que situation, exposition, altitude, « vent, chaleur, froid, humidité, sécheresse, etc., devrait « comprendre une très longue série d'observations (1).

« Les trois éléments de la question, *terrain, configura- « tion et végétation* se combinent non seulement deux « par deux ou trois par trois, mais ils offrent séparément « des variations trop importantes pour ne pas en tenir « compte. Ainsi le sol peut être calcaire ou argileux, « perméable ou compacte, pierreux ou rocheux, etc.

« La configuration du sol peut présenter tous les de- « grés de pente depuis la verticale jusqu'à l'horizontale, « être régulière ou avec des inégalités et des ressauts. « Mêmes variations pour la végétation depuis les arbustes « jusqu'à la futaie, en passant successivement par toutes « les transitions. . . . . .
« . . . . . .D'après ces indications rapides des « données de ce problème, on peut se convaincre que ja- « mais la nature ne peut présenter un champ d'études « comparatives, sous des influences atmosphériques « égales. . . . . »

(1) Depuis cette époque, les observations faites aux stations forestières d'Amance, des Cinq-tranchées et de Belle-Fontaine, fondées en 1866, et à l'école forestière de Nancy ont en partie comblé cette lacune, et donné satisfaction à ce vœu général.

Depuis 1867 ces réflexions n'ont rien perdu de leur importance, et les questions de l'espèce sont loin d'être complétement élucidées.

Les travaux du reboisement des montagnes, ainsi que l'introduction des végétaux exotiques ont aujourd'hui posé aux arboriculteurs et aux forestiers les problèmes suivants, aussi sérieux qu'intéressants :

1° Un terrain étant donné, indiquer d'une façon précise les essences qui peuvent y prospérer, les pratiques culturales à employer à cet effet, et enfin le genre d'exploitation à appliquer à ces végétaux ligneux, suivant leur situation et leur distribution.

2° Un arbre étant donné, faire connaître ses conditions d'existence normale, son mode rationnel de culture, et le traitement auquel il doit être soumis à l'état isolé ou en massif.

Peut-on résoudre d'une manière positive et scientifique ces questions, qui ont été jusqu'à présent tranchées d'une façon approximative ou empirique? Nous le croyons, parce que les arbres étant indépendants de l'action de l'homme, et plus spécialement soumis aux influences normales de la nature, il semble dès lors que les causes finales de leur existence peuvent, mieux que pour les animaux, indiquer les lois naturelles qui les régissent.

Voilà pourquoi ce livre a été écrit.

On ne s'est dissimulé ni les difficultés de l'entreprise, ni l'impossibilité presque absolue de son exécution complète; mais le but est là, il est trop noble pour l'abandonner et, en cas d'insuccès, on pourra se consoler, en disant avec le poëte :

> Et si je n'ai pas l'heur de remporter le prix,
> J'aurai du moins l'honneur de l'avoir entrepris.

A. ROUSSET.

Valence, le 24 Décembre 1881.

CULTURE ET EXPLOITATION DES ARBRES.

INTRODUCTION.

Les sciences exactes (physiques ou mathématiques) ont pour point de départ des axiomes absolument certains, dont on a pu déduire des principes fixes, susceptibles de s'appliquer d'une manière invariable à tous les cas, ou à toutes les matières qui en dépendent.

Les sciences expérimentales ne sont au contraire établies que sur des *faits*, résultant de l'observation exacte des phénomènes naturels. Ces faits peuvent sans doute servir de guide dans bien des circonstances, mais, considérés isolément, ils sont parfois insuffisants pour constituer des principes fixes et invariables, parce que les phénomènes naturels relatifs aux corps organisés ne se reproduisent presque jamais dans des conditions identiques.

L'arboriculture et la sylviculture sont soumises à ces règles. Ayant pour objet les relations des végétaux (corps organisés) soit entre eux, soit dans leurs rapports avec les terrains et les influences atmosphériques essentiellement variables, ces sciences n'ont pu se constituer sur des principes théoriques absolus.

La sylviculture est en outre une science essentiellement d'application, qui ne peut s'apprendre que dans les forêts; on pourrait peut-être même l'appeler une science locale, parce que pour appliquer avec succès, aux opérations forestières, les principes de la physiologie végétale relatifs à la culture et à l'exploitation des arbres, la parfaite connaissance du terrain et du climat local est la notion la plus importante, la plus difficile et la plus longue à acquérir, celle que les livres sont

impuissants à donner. D'autre part, comme il n'y a pas deux arbres identiques, ou situés dans des conditions semblables, et que les expériences relatives au développement et à l'exploitation des arbres isolés ou en massif, sur lesquels on pourrait s'appuyer, dépassent en général la longueur de la vie humaine, il en résulte que tous les faits observés, semblent, au point de vue pratique, destinés à servir seulement de guide ou de terme de comparaison, sous la réserve des modifications éventuelles, soit des végétaux eux-mêmes, soit du terrain ou du climat.

Doit-on en conclure que la science des végétaux ligneux ne peut être qu'un recueil de faits particuliers à chaque phénomène de végétation, sans règles et sans principes fixes ? nullement. Seulement, comme les enseignements qui en résultent ne peuvent être en général appliqués qu'à des phénomènes simples, et que le fait de la végétation des arbres et de l'exploitation des forêts est un phénomène des plus complexes, il semble indispensable de l'analyser, pour rechercher les lois qui peuvent en régir chaque partie.

Pour tout expliquer, pour donner toutes les raisons de l'existence et du développement de chaque être et de chaque organe, il faudrait connaître toutes les lois naturelles, ou pour mieux dire être initié à la volonté créatrice elle-même. On ne peut donc pas demander, et jusqu'à l'infini, le pourquoi du pourquoi, si on ne veut s'exposer à des réponses hypothétiques ou absurdes. Mais, en passant en revue les organes des végétaux, en comparant leurs fonctions à leurs diverses conditions d'existence, on pourra en déduire sans doute leur appropriation naturelle générale, et peut-être, en éclairant ainsi d'un jour nouveau leurs règles de cultures, faciliter la propagation ou le développement des arbres en général et la conservation des terrains boisés en particulier.

S'il était démontré que chaque organe, chaque essence, chaque terrain et chaque climat est individuellement et isolément soumis à des règles spéciales, n'aurait-on pas alors le moyen de prouver, par l'application de ces règles à chaque cas déterminé, qu'on peut établir l'arboriculture et la sylviculture sur des bases, ou des principes à peu près certains et invariables ?

La physiologie n'est que la physique des êtres vivants, a

dit avec justesse Claude Bernard ; la physiologie végétale comparée n'est que le rapprochement et la comparaison des différentes conditions de l'existence des végétaux, effectués dans le but de rechercher et de déterminer les lois naturelles qui en régissent chaque partie, pour en conclure les principes applicables à leur culture, et remplacer ou justifier la méthode purement expérimentale actuellement en usage.

Tous les phénomènes végétaux sont en général connus, aussi le but de ces études est-il moins d'enseigner quelque chose de nouveau, que de bien isoler et définir chacun de ces phénomènes, et d'en faire ressortir toutes leurs relations avec les agents extérieurs.

Il ne s'agit donc pas d'une science nouvelle, mais seulement d'un classement spécial de faits épars, et coordonnés en vue de leur discussion et de leur application aux opérations pratiques.

Cette branche de la science botanique a été encore peu explorée, et ces simples études (car tel est le vrai caractère de ce travail) serviront sans doute plutôt à indiquer les recherches à faire, qu'à constater comme définitivement acquis tous les résultats signalés. Elles montreront ainsi le but à atteindre, et qui n'est pas seulement d'étudier et de détailler toutes les lois naturelles des divers phénomènes de la végétation, mais surtout d'en déduire, aussi clairement que possible et suivant les différents cas, des lois secondaires ou règles précises pour la meilleure exécution pratique de toutes les opérations culturales s'appliquant aux arbres isolés ou en massif.

Tel est le résultat qu'on s'est proposé ; puisse cet ouvrage servir à le réaliser, et dans tous les cas être utile au progrès de l'arboriculture et de la sylviculture en particulier.

CULTURE ET EXPLOITATION
DES ARBRES

LIVRE I.

DES LOIS NATURELLES RELATIVEMENT AUX VÉGÉTAUX.

CHAPITRE I.

Conséquences de l'harmonie de la création.

Pour tout observateur intelligent, l'aspect du monde proclame une force divine créatrice, qui, sans rien livrer au hasard, en a coordonné, dans l'ordre logique le plus parfait, et jusqu'en leurs moindres détails, tous les éléments divers. Aussi chacun est prêt à dire avec Montaigne, *dans la nature, rien qui n'y tienne place opportune, rien d'inutile, non pas l'inutilité même.*

Le progrès des sciences dénote d'ailleurs le résultat de ces idées. On cherche l'explication des phénomènes dans les causes naturelles ; on commence à entrevoir et à comprendre l'ordre harmonique de l'univers, mais on se demande aussi si les formes actuelles sont le dernier mot de la force qui a présidé à leur création. Sur ce point, la plupart des savants tels que : G. Cuvier, Vicq d'Azir, Ch. Martins, de Quatrefage, Adhemar, Darwin, etc., chacun de leur côté, et par des travaux différents, arrivent aux mêmes conclusions ; ils admettent et reconnaissent une modification du globe terrestre, après chacune de ses révolutions successives.

Sans vouloir examiner ou discuter les controverses auxquelles ont donné lieu les multiples opinions sur l'origine et les évolutions du monde, il se dégage cependant de l'aspect de l'univers une idée simple et capable de servir de guide et de point de départ pour les solutions des problèmes naturels : c'est que la force créatrice divine ne peut pas avoir été illogique. D'un autre côté, comme le Créateur ne paraît pas avoir établi une règle spéciale pour chaque espèce ou pour cha-

que individu, pour chaque continent ou chaque terre, il semble rationnel d'admettre que le monde obéit à une loi unique, harmonique et générale, dans laquelle tout s'enchaîne et se coordonne, et où viennent en même temps aboutir et se confondre toutes les diverses lois naturelles applicables aux multiples parties de l'univers.

C'est donc à cette loi primordiale, d'où découlent comme corrollaires les règles spéciales de conservation, de reproduction, de modification et d'amélioration des êtres organisés, qu'il faut remonter ; c'est elle qu'il faut d'abord analyser, pour rechercher les principes généraux qui peuvent servir de guide dans l'étude et l'explication des divers phénomènes naturels. En s'appuyant et en partant de ce principe, on n'aura plus ensuite qu'à recourir à la résultante des diverses lois (1) secondaires, spéciales aux plantes, aux terrains et aux actions atmosphériques, pour obtenir la solution de tous les problèmes particuliers, afférents à la pratique et à l'exécution des diverses opérations culturales applicables aux végétaux.

Mais en se livrant à l'étude de ces questions, on ne doit jamais oublier que les lois naturelles s'appliquent toujours à l'ensemble de la nature, et que leur but unique semble ne pouvoir être que la progression générale du globe vers un mieux quelconque.

CHAPITRE II

De la Matière. — Des Forces.

Dans le monde, *rien ne se crée, rien ne se perd,* a dit depuis longtemps Lavoisier, et les investigations de la science moderne ont confirmé cette opinion.

L'univers se compose en effet de matières et de forces qui, n'ayant pas pu se créer de leur propre mouvement, ne peuvent pas davantage se détruire: formées en dehors de la création, et par une volonté supérieure, la matière et les forces ne peuvent par conséquent pas être détruites par les agents créés.

Toutes les expériences physiques et chimiques démontrent d'ailleurs facilement que la matière ne se détruit pas, mais se

(1) Les lois sont les rapports nécessaires qui découlent de la nature des choses, et dans ce sens tous les êtres ont leurs lois. (MONTESQUIEU.)

modifie seulement ; il en est de même pour les forces qui, mises en action dans les divers phénomènes, ne peuvent que se transmettre, ou se transformer.

Les phénomènes naturels, dont la terre est le théâtre, ne constituent donc qu'une grande série de modifications, de transformations, ou de circulations de matière et de forces, et, en ce qui concerne l'activité animale et végétale, on peut dire que la matière va tour à tour de la terre à la plante, de la plante à l'animal, pour revenir de l'animal à la terre (1).

Mais si la quantité de matière ne change pas, ses qualités ne sont pas invariables. En se modifiant dans ses combinaisons diverses, la matière ne peut que s'affiner, et devenir capable de mieux utiliser les forces naturelles.

Ce changement d'état, dans les combinaisons multiples de la matière et des forces, a pour résultat certain une modification dans les formes sous lesquelles les forces et la matière se manifestent à nos sens, et ces transformations ne peuvent évidemment avoir d'autre but qu'une amélioration successive et progressive des productions ou des combinaisons de la matière elle-même. On est donc alors bien forcé d'admettre que les transformations de la matière, et l'amélioration graduelle de ses combinaisons rentrent dans le plan de la création, et dans la loi naturelle de l'univers.

CHAPITRE III

Des Créations.— Perfectibilité des formes suivant les conditions d'existence.

Deux systèmes, ou plutôt deux explications différentes de la création, sont actuellement en présence devant la science. Les uns, avec la tradition et la bible n'admettent qu'une seule création générale et universelle, tandis que les autres cherchent à tout expliquer par les divers centres de création, par la génération spontanée, ou bien par le transformisme, qui, à défaut de preuves matérielles, semble avoir pour lui les déductions de la logique.

Quels que puissent être les avis des savants sur ces sujets obscurs, et sans vouloir discuter la question au fond, on peut

(1) GRANDEAU, *Cours d'agriculture de l'école forestière.*

cependant examiner un point intéressant, ressortant dans ce débat. Qu'on admette une ou plusieurs créations successives, on se trouve toujours néanmoins dans l'impossibilité de préciser si les différentes formes ont apparu en germe ou à l'état parfait, isolées ou par couples, c'est-à-dire avec les sexes réunis ou séparés. Même difficulté pour la génération spontanée, qui, en faisant sans cesse intervenir les mêmes phénomènes, n'explique pas davantage pourquoi les créations successives ont, sous l'influence des mêmes conditions génératrices, produit des formes différentes. Dans tous les cas, il semble donc nécessaire d'admettre la mutabilité des formes pour comprendre ou expliquer l'admirable variété des êtres.

Doù vient le globe terrestre ; qu'était-il ; comment ses éléments se sont-ils formés ? Voilà tout autant de mystères impénétrables, devant lesquels l'intelligence humaine doit s'incliner, en écartant toutefois le hasard comme agent créateur. Dans ses détails comme dans son ensemble, la nature révèle un art divin, et un but peut-être inconnu, mais certainement toujours logique. Dès lors on peut affirmer que, puisque la terre existe, c'est qu'elle a été créée pour exister ; puisqu'elle est habitée, c'est qu'elle devait être habitable, et que tout doit par conséquent tendre à ce résultat.

Tel est, jusqu'à ce jour, le but apparent de la création actuelle, et vers lequel tout doit, ou semble devoir converger.

Il en résulte d'une part, puisque la terre devait être habitée, que ses transformations antérieures ont eu ce résultat pour but final, et d'un autre côté, que les créatures, présentant des formes et des organisations différentes, paraissent perfectibles, et par conséquent nécessairement modifiables,

Mais alors leurs variations et leurs perfectionnements ne pouvant pas être sans cause, n'est-il pas logique de les considérer comme la conséquence de leurs diverses conditions d'existence (1) ?

Ces conditions, très variées pour les animaux doués de la faculté de locomotion, peuvent se rattacher à trois points principaux pour les végétaux, savoir : la matière sur laquelle ils se développent, sa disposition extérieure et les influences atmosphériques auxquelles les plantes peuvent être soumises.

---

(1) En modifiant les milieux nutritifs et évolutifs, et en prenant la matière organisée, en quelque sorte à l'état naissant, on peut espérer d'en changer la direction évolutive, et par conséquent l'expression finale. (Cl. BERNARD).

Dès lors, pour assurer le développement progressif des êtres, la constitution du sol, son relief, et le climat de chaque localité ont dû nécessairement éprouver des modifications et des variations nombreuses (1).

On en arrive ainsi à conclure que la formation de nouveaux terrains, le soulèvement des montagnes (2) et les révolutions géologiques du globe terrestre ne sont pas des faits accidentels, mais bien des phénomènes prévus, et rentrant dans la loi générale de la création.

Dans de telles circonstances, et quoique les raisonnements soient impuissants à créer des faits, n'est-il pas permis d'admettre toutes les hypothèses qui, d'accord avec les faits établis, ne sont pas en contradiction avec la raison, ou avec les lois générales du globe.

Puisque la terre devait être habitée, il fallait ou bien qu'elle offrît aux êtres à venir toutes les conditions nécessaires a leur existence, ou que ses habitants fussent conformés suivant le milieu dans lequel ils devaient vivre.

Dans le premier cas, le globe eût été subordonné à la création, c'est-à-dire qu'il aurait dû, à chaque forme nouvelle, présenter une modification correspondante, ou bien offrir du premier jet l'assiette actuelle. Le monde aurait été alors immuable dès le début.

Comment, dans cet ordre d'idées, expliquer les boulever-

---

(1) On comprend ainsi la disparition des fossiles qui, créés et adaptés à des conditions spéciales, ne pouvaient, sans modifications, se perpétuer dans un milieu plus perfectionné. Cette même raison pourrait expliquer aussi pourquoi les fossiles affectent tous un degré d'organisation inférieure aux animaux correspondants de l'époque actuelle, quoique chaque évolution géologique montre, chez tous les fossiles, et entre eux, un développement graduellement ascendant.

(2) Le soulèvement des montagnes a seul pu donner naissance aux cours d'eau. Cette modification de la croûte terrestre, nécessaire pour varier les conditions d'existences des végétaux, en créant les vallées, les versants et les plateaux, a eu pour conséquence l'entrainement au fond des mers de toutes les matières minérales et organiques tenues en suspension dans les eaux, et enlevées au sol par le ravinement et la dénudation des montagnes.

Si l'état actuel du globe devait durer éternellement, il arriverait forcément plus tard que les continents émergés ne présenteraient plus que le squelette décharné et stérile des roches formant les assises des montagnes, tandis que l'exhaussement du fond des mers, produit par l'accumulation de tous les détritus fertiles du sol, ferait refluer les eaux dans les vallées et dans les plaines. Sous l'effet de ce double phénomène, les terres actuelles deviendraient inhabitables.

sements géologiques, et les formes diverses tour à tour apparues et disparues ? Si la création eût été invariable, le monde aurait été stable ; or comme la géologie dévoile une apparition successive des êtres, elle prouve ainsi que cette première hypothèse est inadmissible.

Dans le second cas, les créatures devaient être adaptées aux milieux différents qu'a présentés le globe terrestre, et il faut alors supposer une création continue et successive. Mais en même temps, comme les formes apparues ont toujours été de plus en plus parfaites, en allant du simple au composé, on doit aussi en conclure que les milieux se modifiaient, en se perfectionnant.

Or comme les milieux auxquels sont assujettis les végétaux sont variables et perfectibles, quelles raisons peut-on opposer au principe de la variabilité et de la mutabilité des formes végétales, sinon que la preuve absolue et matérielle du fait manque (1) ?

Si les végétaux (genres, espèces, familles) sont perfectibles, ils sont variables, à moins de faire sans cesse intervenir le Créateur, non-seulement pour les créations générales ou successives, mais encore pour tous les centres divers de création.

Sans doute M. Flourens a raison lorsqu'il circonscrit l'espèce par la fécondation continue (2), et les variétés par la

---

(1) Le fraisier de Versailles (*fragaria monophylla*) a été obtenu du fraisier des bois en 1761, seulement il est à feuille simple, et il conserve ce caractère par voie de semis, depuis plus d'un siècle. D'après Duchesne qui l'a obtenu, ce fraisier ne serait qu'une race, qui par sa fixité se comporte cependant comme une espèce. Cette persistance d'un caractère transitoire peut être invoquée en faveur de la mutabilité des espèces, même de nos jours. (DECAISNE, *Jardin du Muséum*).

Dans un terrain humide, au bord de la Durance, près Sisteron, il s'est développé naturellement, et sous l'influence d'un milieu spécial, un saule à feuilles frisées, connu sous le nom de saule frisé, ou saule baron de Salamon (*salix babylonica Salamonii*).

Cette variété naturelle, et qui n'est pas encore bien fixée, ne se reproduit que de boutures.

L'influence de la nature du sol sur la coloration des fleurs, si remarquable pour l'hortensia, se manifeste également sur les mufliers et les iris. Cette preuve que tous les terrains ne conviennent pas indistinctement à toutes les plantes, semble avoir pour conséquence que chaque plante a un terrain de prédilection, en dehors duquel sa végétation tend à se modifier.

(2) Blainville définit l'espèce : l'individu répété dans l'espace et dans le temps.

fécondation limitée ; mais il ne tient pas compte de deux éléments très-importants, l'influence du milieu et les conditions d'existence.

Dans ses expériences sur les hybrides, M. Naudin a remarqué leur réversion vers les espèces-mères ; ce fait s'explique facilement par l'influence du milieu, qui, après les avoir fixées, maintient le caractère actuel de ces espèces. Cette influence n'ayant pas encore varié (le maintien des espèces le prouve), a donc agi sur les hybrides forcés de M. Naudin, comme sur les formes primitives qu'elle a fixées. Cette même force, continuant ainsi à produire le même effet, ramène forcément au type fixé de l'espèce-mère, tous les sujets qui, naturellement ou artificiellement, tendraient à s'en écarter.

La loi des milieux s'est ainsi vérifiée, sans affirmer ou combattre celle de la variabilité ou de la mutabilité des espèces.

L'espèce produit la variété ; mais l'influence permanente du milieu peut-elle donner à ces variétés le caractère de fécondité continue (1), dont on a fait le caractère spécial de l'espèce ? Telle est la question insoluble par une expérience directe, parce que nul ne peut en fixer la durée, et qui laisse par conséquent le champ ouvert à toutes les hypothèses (2).

Si dans la nature tout est transition, tout y est aussi en équilibre, et le monde tourne évidemment dans son orbite céleste, en suivant probablement, à travers ses phases géologiqnes, un cycle de perfectionnement. Les oscillations ou révolutions du globe, pendant lesquelles les eaux ont recouvert les terres et mis à découvert de nouveaux continents, s'étant produites au moins deux fois (3), ne peuvent pas constituer un fait ex-

---

(1) En 1874, le jardin d'acclimatation possédait deux produits du même cheval et de la même mule ; ces produits âgés de un et de deux ans étaient parfaitement conformés et vigoureux.

Les léporides, mulets du lièvre et du lapin, se reproduisent également d'une manière continue.

(2) D'après Ch. Martins, en conséquence de la loi d'évolution et de la continuité de la création, l'espèce n'existe pas, telle que l'ont comprise les naturalistes des temps passés.

(3) Le terrain de Paris présente trois couches de fossiles maritimes alternant avec deux couches de fossiles terrestres ; les dépôts terrestres de l'époque actuelle constituent la sixième série de fossiles reconnus dans ces terrains. A Londres on ne trouve que deux couches de fossiles marins alternant avec des fossiles terrestres, tandis que à Vienne on en a trouvé une couche de plus que dans le terrain parisien.

ceptionnel; elles font donc partie d'une combinaison régulière, prévue, et destinée à assurer sans aucun doute le perfectionnement des êtres.

Cette loi des oscillations périodiques du globe aurait pour conséquence, d'après la théorie de M. Adhemar (1), de faire successivement jouir tous les points de la terre d'un climat tempéré, au lieu de condamner l'équateur et les pôles aux excès de la chaleur et du froid. (2)

Le mouvement des eaux continue. On constate leur retrait dans la mer Baltique, et de Calais à Bayonne; les marais salants de l'Aunis ne communiquent plus avec la mer et, depuis Louis XIV, les cales de construction sont de 1 m. plus élevées; dans les Indes, au contraire, les terres s'abaissent et la mer monte.

(1) M. Adhemard *(Révolutions de la mer)* explique, par l'inclinaison du plan de l'écliptique sur l'équateur et son oscillation, les bouleversements aqueux ou déluges périodiques auxquels le globe terrestre semble soumis; il évalue à 25,000 années la période de retour de ces phénomènes.

L'inclinaison variable du plan de l'écliptique, qui a pour conséquence la précession des équinoxes, est expliquée par Bradley au moyen de la loi de la nutation de l'axe terrestre.

(2) Les fossiles végétaux de la période houillère semblent prouver que la déviation actuelle du plan de l'écliptique de 23° 28' n'a pas toujours été la même. Avec cette disposition, la répartition des climats actuels et l'accumulation des glaces des pôles sont forcées; or, comme on a trouvé les mêmes végétaux fossiles au Spitzberg et au Groënland (*a*) qu'au pic de Ténériffe et en Californie, on peut conclure de l'égalité de climat qu'ont eue jadis ces deux pays, que la déviation du plan de l'écliptique a subi de grandes variations.

Le professeur anglais Ramsay a, d'un autre côté, signalé l'existence et les traces de plusieurs périodes glaciaires, remontant aux premiers âges géologiques; en Suisse, on a reconnu deux époques d'accroissement des anciens glaciers.

La succession des climats explique parfaitement la présence des végétaux fossiles sous la latitude de Paris, sans avoir besoin de recourir à l'hypothèse du refroidissement du globe, dont on n'a d'ailleurs aucune preuve bien certaine.

Si on rejette la loi d'oscillation, on ne peut expliquer la présence d'une végé-

---

(*a*) On a trouvé à Koma, golfe d'Omenak, dans le Groënland, des restes de fossiles de palmiers et de fougères de l'époque éocène, ce qui prouve que cette partie du globe a eu, dans le temps, un climat plus chaud.

On a également trouvé dans les régions comprises entre 70 et 80 degrés de latitude Nord, des débris fossiles indiquant la présence de forêts considérables, peuplées de chênes, peupliers, magnolias, plaqueminiers, houx, sequoias, cyprès, pins, érables, tilleuls, sorbiers, etc.

Les sondages effectués par M. Nordenskjold, dans la mer glaciale en Sibérie, ont révélé l'existence d'une forte végétation, semblable à celle des tropiques, qui pendant les époques houillère, jurassique, crétacée et tertiaire couvrait ces parages. A l'époque tertiaire, les forêts du Spitzberg, avec leurs chênes, leurs platanes et leurs séquoias ressemblaient à celles que l'on trouve aujourd'hui à 25 ou 30 degrés plus au sud, en Californie.

Comment a pu s'opérer cette évolution? a-t-elle été générale ou partielle, instantanée ou successive ; la destruction des animaux et des végétaux a-t-elle suivi la même marche? Nul ne peut rien répondre à ce sujet.

Les dépôts de sédiments anciens constatent seulement que les continents actuels ont été plusieurs fois recouverts par des eaux tantôt calmes et tantôt agitées. Or comme rien ne porte à supposer que le volume des eaux ait varié, on est fondé à penser, qu'en submergeant une partie des terres, les mers ont en même temps mis à découvert d'autres terrains jusqu'alors immergés.

Comment les végétaux se sont-ils developpés dans ces nouvelles contrées? Par de nouvelles créations, disent les uns ; par la multiplication et la transformation progressive des espèces, disent les autres.

En attendant que les études des savants jettent quelques clartés sur cette question, en déterminant si les ferments sont seulement des matières albuminoïdes ou des êtres vivants (1), il reste encore sur ces phénomènes bien des points obscurs, et probablement impossibles à élucider.

Le principe de la perfectibilité entraîne celui de la mutabilité non pas des espèces (question insoluble et laissée en dehors), mais, ce qui revient presque au même, des formes et des êtres (familles ou groupes) spéciaux à chaque époque géologique. Comme le passé peut seul fournir des indications sur la marche graduelle du perfectionnement des formes, on est donc forcé d'aller demander aux couches sédimentaires de chaque

---

tation tropicale sur différents points du globe que par une chaleur centrale, locale ou générale, et néanmoins assez forte pour établir un climat uniforme sur toute la terre ; mais on ne songe pas qu'il faut alors aussi admettre que, pendant cette période, la chaleur solaire aurait été sans influence sur la végétation, ce qui est peu probable.

L'hypothèse du Docteur Blandet sur la condensation successive du système solaire, et par conséquent sur la différence du soleil des époques primitives eu égard à l'astre actuel, suffirait pour expliquer tous les phénomènes géologiques; mais cette hypothèse, malgré ses probabilités, n'est appuyé d'aucun fait.

Que reste-t-il alors? peut-être l'opinion de Schimper, avouant que la science ne pouvait à cet égard fournir aucune réponse satisfaisante.

(1) D'après les expériences de Cl. Bernard, il y a des ferments vivants caractérisés par leur passibilité à l'égard des agents anesthésiques, et des ferments solubles qui ne sont que des composés chimiques.

période, les traces de ces transformations, pour les comparer aux améliorations des milieux successivement habités, afin d'étudier, et de déduire ainsi, s'il est possible, quelques rapports entre ces modifications (1) et la loi de l'évolution générale du globe.

On juge des temps antérieurs par les couches géologiques explorées ; mais si on doit en cela ne s'appuyer que sur des faits certains et reconnus, il faut aussi remarquer qu'il est prudent de ne pas se restreindre uniquement à ces faits, lorsqu'ils ne comprennent pas la généralité des phénomènes en question. Or les eaux qui couvrent les deux tiers du globe sont fermées aux explorations géologiques, et sur l'autre tiers, la science n'a pour ainsi dire qu'effleuré les points les plus saillants. D'un autre côté, on ne peut avoir que très-difficilement la série continue des fossiles (2), parce que chaque terre émergée ne met au jour que les débris accumulés au fond des eaux pendant son immersion. Mais, quoique incomplets et alternes, les documents fournis par la paléontologie et la géologie peuvent permettre cependant de se rendre compte, jusqu'à un certain point, des modifications successives survenues dans les formes végétales pendant chaque période, de suivre leurs enchaînements et en même temps les changements comparatifs de leurs conditions d'existence.

Cet examen court et sommaire aura aussi pour résultat de faire ressortir les preuves de l'harmonie et de la solidarité existant entre les milieux et les végétaux (3) ; il fera sur-

(1) D'après M. Gaudry, les animaux se sont modifiés d'autant plus vite, que leur structure est plus parfaite, et leur rang plus élevé dans chaque série. Cette loi doit être applicable aux végétaux comme aux animaux.

(2) Les fossiles de la dernière période, trouvés dans les terres actuellement habitées, proviennent des animaux et des végétaux vivants pendant que le fond des mers actuelles était à découvert en tout ou en partie, tandis que les dépôts sédimentaires destinés à former nos continents s'accumulaient au fond des mers de cette période ; de même les débris de l'époque actuelle, qui se déposent maintenant au fond des eaux, ne seront mis au jour, comme fossiles, qu'à la prochaine évolution du globe. Si l'on n'en excepte quelques points privilégiés (rivages, isthmes, diluviums, etc.,) il est à peu près impossible de trouver la série complète des fossiles de deux époques ou révolutions successives.

(3) Lorsque le connétable Anne de Montmorency dévasta et incendia la Provence pour arrêter les armées de Charles-Quint; lorsque le fanatisme musulman dévasta l'Espagne et l'Afrique pour les conquérir ; lorsque les guerres de religion firent brûler les forêts des Cévennes, derniers refuges des protestants,

tout bien comprendre que tous les efforts vers le progrès, en ce qui concerne la culture et la propagation des plantes, ne peuvent avoir d'autre point de départ que les lois naturelles de la création, en tenant compte de l'influence des milieux et des conditions d'existence.

CHAPITRE IV.

Des végétaux et de la végétation.

Le créateur n'a pas divisé et classé les êtres en série, section ou chapitre ; tout se tient dans la nature, et les transitions, quoique parfois insensibles, n'en existent pas moins, de même que les heures crépusculaires si fugitives et pourtant si réelles.

L'esprit humain ne pouvant tout embrasser a d'abord imaginé un ordre distributif des individus, afin d'étudier séparément chaque partie de l'œuvre de la création, dont il est en quelque sorte le maître par l'intelligence. Il a ensuite multiplié et varié les divisions pour classer et reconnaître tous les êtres.

La botanique est une de ces divisions ; elle embrasse tout ce qui se rapporte aux végétaux, c'est-à-dire aux êtres qui ne sont classés ni comme minéraux, ni comme animaux, et dont le mode d'existence a reçu le nom de végétation.

Avant d'aller plus loin, il importe de définir les êtres qui font l'objet de ces études, ainsi que leur manière de vivre, puisque leurs conditions d'existence paraissent intimement liées à leur forme extérieure et à leur développement.

Un végétal est un être organisé et vivant. Mais la différence entre les végétaux et les animaux ne présente pas de caractères bien tranchés dans cette classe d'êtres organisés mixtes,

---

la stérilité relative de ces pays, et les variations brusques de température furent les conséquences de ces mesures aussi barbares qu'inintelligentes, et de la rupture d'équilibre survenue entre les milieux et la végétation. Ces faits prouvent aussi que les forêts, en tant qu'effort culminant de la puissance végétale, sont l'instrument ou le moyen unique de la fertilisation du sol par la production des substances végétales carbonées nécessaires à la nutrition des végétaux perfectionnés.

Plus un pays est boisé, plus il est fertile ; plus un sol est fertile, plus il peut nourrir d'habitants.

servant de trait d'union entre ces deux grandes divisions, désignées sous les noms de règne animal et règne végétal. A ces limites, les phénomènes de végétabilité et d'animalité se mélangent et se confondent (1).

Dans la série élevée des végétaux, la distinction des deux règnes est au contraire bien marquée, et, en considérant surtout les caractères généraux des individus de cette catégorie (arbres), on pourrait différencier le règne végétal par la privation de sensibilité proprement dite et de locomotion.

Un végétal est donc un organisme (2) ou être vivant (3), privé de sensibilité générale (4), et de la faculté de se mou-

---

(1) La principale distinction, entre les végétaux et les animaux, se fonde sur la présence, dans les premiers, de la cellulose qui constitue la partie résistante de leurs tissus, et dont la composition ternaire (carbone 44.44, hydrogène 6.17, oxygène 49.39), est bien connue, tandis que les membranes animales sont quaternaires et contiennent constamment de l'azote. (A. RICHARD. — *Eléments de botanique*).

(2) D'après M. Robin, l'échelle graduée de la complication croissante des parties de l'organisme comprend, en commençant par le bas :

1° Les éléments anatomiques ou cellules, avec leur structure déterminée ;

2° Les tissus, composés de cellules, dont la texture ou la structure varie et qui ont chacun leurs propriétés particulières ;

3° Les organes, composés de tissus qui, en vertu de leur conformation, ont des usages différents;

4° Les appareils, formés d'organes différents, dont les actes s'appellent des fonctions ;

5° Les organismes complets, c'est-à-dire composés d'appareils différents.

Ces cinq propriétés vitales ne se trouvent pas réunies dans tous les êtres vivants, mais elles peuvent se rencontrer dans tous, indépendamment de toute structure mécanique.

L'organisme, ajoute M. Robin, ne peut pas exister sans ses propriétés essentielles, qui sont, non pas la structure mécanique, mais un mode spécial d'association moléculaire ; la vie est l'ensemble de ces propriétés en action, savoir : nutrition, accroissement, reproduction, contraction et innervation.

L'organisme, dit Cl. Bernard, une fois développé, constitue une machine vivante qui, en même temps qu'elle se détruit et s'use sans cesse par l'exercice de ses fonctions, se répare et se maintient au moyen du phénomène de nutrition ; la nutrition n'est que la génération continuée.

(3) Un être vivant est, d'après M. Ch. Richet, un composé d'organes vivants, lesquels peuvent mourir isolément.

(4) D'après Cl. Bernard, les végétaux sont doués d'une espèce de sensibilité, puisque l'action des agents anesthésiques se manifeste aussi bien sur les végétaux que sur les animaux. Un végétal éthérisé a sa vie de relation suspendue, les feuilles perdent le pouvoir de décomposer l'air, la germination des graines s'arrête et les fermentations cessent. Mais comme la sensibilité chez les animaux paraît dépendre en partie de l'intelligence, cette faculté ne

voir (1). Retenu par ses racines, il absorbe au moyen de ses radicelles dans le corps auquel il est fixé, et par ses organes foliacés dans l'atmosphère, les éléments qu'il s'assimile, pour les faire servir à sa nutrition et à son développement; il jouit aussi de la faculté de se reproduire soit par des graines préalablement fécondées, soit par des portions ou fragments détachés de la tige-mère. On peut dire enfin que les végétaux fournissent le bois, et qu'à la différence des animaux, auxquels il faut pour nourriture des êtres ayant déjà été organisés, les plantes vivent de matières inorganiques (2), sous l'influence de la lumière et de la chaleur.

Quant à la végétation, c'est l'ensemble des phénomènes qui ont pour résultat l'existence et le développement des végétaux ; c'est la force résultant du jeu des organes, ou qui les met en mouvement, pour s'opposer à la disparition ou à la séparation des éléments de chaque plante, et pour transformer et augmenter leur substance. En un mot, c'est la vie (3) : cette

---

semble pas comparable chez ces deux classes d'êtres organisés; il y a chez les végétaux motilité plutôt que sensibilité réelle.

(1) Les zoospores, corpuscules reproducteurs des conferves, ont la faculté de se mouvoir à l'aide de cils vibratiles ; il en est de même de l'appareil mâle reproducteur des fougères.

Les algues d'eau *oscillaires* exécutent certains mouvements, comme les *Diatomées* ; mais cette motilité n'est constatée que dans les végétaux qui occupent les derniers degrés dans l'échelle de l'organisation des êtres. Il faut en outre distinguer ce genre de mouvement général dans l'être lui-même, avec les mouvements spéciaux bien connus de certains organes végétaux, tels que vrilles, feuilles, branches, racines, etc., qui ont été si bien étudiés et décrits par Darwin ; ces faits ne constituent qu'une mobilité relative des organes, et ne contredisent pas le principe d'immobilité du végétal, résultant de la privation de la faculté de locomotion, c'est-à-dire de mouvement général interne et volontaire.

(2) Avant l'apparition de la première plante, il n'y avait pas en effet de matière organisée qui pût leur servir d'aliment.

(3) Qu'est-ce que la vie? Voici diverses définitions parmi lesquelles on peut choisir. La vie consiste dans les changements continuels par lesquels passent nécessairement les êtres qui en sont doués, en recevant sans cesse les nouvelles molécules destinées à entretenir leur existence (AMPÈRE).

La vie n'est que l'harmonie des fonctions des différents éléments de nos organes, qui possèdent tous des propriétés distinctes. (G. DAREMBERG).

La vie c'est la création..... ce qui caractérise la machine vivante, ce n'est pas la nature de ses propriétés physico-chimiques, c'est la création de cette machine, qui se développe sous nos yeux, dans des idées qui lui sont propres et d'après une idée définie, qui exprime la nature de l'être vivant et l'essence même de la vie.

force mystérieuse, disséminée dans toutes les parties vivantes, qui s'oppose à la mort, c'est-à-dire à la désagrégation et à la décomposition des êtres par la fermentation putride.

La végétation se manifeste journellement par les phénomènes d'absorption, d'exhalaison et de respiration afférents à l'existence même des plantes, et, suivant les saisons, par l'apparition des bourgeons, feuilles, fleurs et fruits, nécessaires au développement et à la reproduction des individus.

Le rôle de la végétation ou des végétaux dans la nature est très complexe : d'une part ils fertilisent, au moyen de leurs détritus, les sols qu'ils fixent et pénètrent par leurs racines ; d'autre part, ils purifient l'atmosphère en décomposant, au moyen de leurs feuilles, l'acide carbonique de l'air, dont le carbone est employé à la formation du corps ligneux, et enfin ils transforment les composés minéraux en substances assimilables par les animaux (1).

Cette triple fonction, indispensable pour rendre la terre habitable, découvre une partie de l'admirable harmonie de la création ; on y voit la dépendance et la corrélation mutuelle des minéraux, des végétaux et des animaux, ainsi que la cir-

---

Ce qui est essentiellement du domaine de la vie et ce qui n'appartient ni à la physique, ni à la chimie, ni à rien autre chose, c'est l'*idée* directrice de cette évolution vitale. Dans tout germe vivant, il y a une idée créatrice qui se développe et se manifeste par l'organisation. Le germe est l'agent d'organisation et de nutrition par excellence ; il attire autour de lui la matière cosmique et l'organise pour constituer l'être nouveau. Toutefois le germe ne peut manifester sa puissance organisatrice qu'en opérant lui-même des combustions, des destructions organiques. C'est pourquoi il s'enferme dès l'origine dans une cellule, la cellule de l'œuf.....

La vie végétale (*a*) dépend d'abord de l'existence du protoplasma, c'est-à-dire du contenu de la première cellule, dans laquelle se manifeste cette force organique, que les agents anesthésiques coagulent et rendent par suite insensible et inerte, et des conditions extérieures air, humidité et chaleur, indispensables pour permettre le développement successif des cellules. (CL. BERNARD).

Les lois qui règlent l'accroissement des plantes et des animaux sont les mêmes ; ils procèdent d'un fonds substantiel commun, et leur activité vitale entre en fonction sous l'influence commune de la chaleur. (G. VILLE).

(1) D'après M. E. Morren, la transformation des composés inorganiques en substances organiques est la fonction du règne végétal, à l'exclusion de tous les autres êtres de la nature. Les plantes ont donc forcément précédé les animaux, et les modifications du règne végétal ont dû influer sur les différentes évolutions du règne animal.

(*a*) D'après Cl. Bernard, les végétaux sont doués de la vie oscilllante, vie à manifestation variable et dépendante du milieu extérieur.

culation continuelle des éléments de la vie, et une amélioration incessante dans les conditions d'existence.

Il est en effet certain que les animaux n'auraient pu vivre sans les végétaux ; ceux-ci leur fournissent d'une part les matières assimilables pour leur nutrition, et d'un autre côté ils absorbent et fixent l'acide carbonique provenant de la combustion vitale, et de la décomposition des substances organiques. Par contre les détritus animaux, facilitant aux plantes l'absorption et l'assimilation des matières minérales, deviennent aussi à leur tour une puissante cause de développement pour la végétation. Enfin, comme un minéral ou un corps inorganique seul est infécond, on voit que sans les végétaux et les animaux, la couche terrestre ne s'améliorant jamais serait restée *aride*, comme au lendemain de la première révolution géologique.

La végétation est, en résumé, une force générale créatrice, dans laquelle s'exerce à chaque instant une lutte entre les individualités végétales, et où le fort domine le faible, mais toujours au profit du progrès et de l'amélioration générale de l'univers. La vie d'un végétal est un don gratuit. La nature ne doit rien à chaque plante, ou à chaque arbre en particulier, mais elle doit assurer la conservation de tous les végétaux ; leur forme, leur couleur, leur développement, leur durée sont individuellement indifférentes, l'amélioration du sol, qui est leur but, importe seul.

Les végétaux et la végétation doivent donc toujours être considérés dans leurs relations avec les divers phénomènes du globe, dont ils ne peuvent pas être séparés, et l'on ne doit pas oublier que la production végétale n'est pas un but, mais un moyen d'améliorer le sol. Rien ne le prouve d'ailleurs mieux que les forêts. Beaucoup de massifs boisés existent sur des sols primitivement dénués de terre végétale, et dont la première production n'a pu être qu'une moisissure ou une humble mousse. Or, par le seul effet de la végétation, ces terrains ont produit plus tard, et à la suite de transitions insensibles, les arbres les plus vigoureux, croissant dans un sol profond et fertile.

Aussi M. Bobierre est-il fondé à dire que le végétal est le trait d'union entre l'air et le sol ; il vit aux dépens des deux milieux, et à leur aide, il prépare au règne animal les éléments de son existence.

CHAPITRE V.

Marche de la végétation pendant les périodes géologiques

§ 1. — *Observations générales.*

Si la terre avait été partout formée des mêmes éléments, disposés dans les mêmes proportions et le même ordre, et sous le même relief extérieur, le moule primitif de la végétation, ne pouvant alors correspondre qu'à une seule et même condition d'existence, eût été unique. La stabilité et l'uniformité de cet état de choses empêchant, par cela même, tout changement, l'étendue des continents aurait seule limité le développement d'une végétation uniforme.

Mais la réalité ressemble peu à cette hypothèse. Dès lors puisque la terre présente dans son relief, dans sa contexture, et dans ses éléments une grande variété, qui, malgré toutes les transformations antérieures, se modifie encore de nos jours; que les végétaux semblent devoir être adaptés au milieu dans lequel ils sont appelés à vivre, on peut en conclure que la variation et la modification des végétaux, d'après leur conditions d'existence, se continue encore aujourd'hui.

Pour pouvoir suivre et apprécier sûrement la marche et le développement de la végétation, d'après la nature des terrains, et dans chaque période géologique, il serait nécessaire de connaître non seulement le résultat de toutes les recherches effectuées dans les diverses couches du sol, mais il faudrait encore être assuré que tous les sédiments ont été étudiés. Loin d'avoir obtenu ce résultat, la géologie ne fournit, proportionnellement à l'étendue des terrains explorés, que quelques jalons, permettant à peine de relier les temps géologiques à l'époque actuelle. Aussi que de lacunes ; que de questions sans réponses, et pour la solution desquelles l'analogie et le raisonnement sont insuffisants.

Il faut encore remarquer que, suivant les époques, les fossiles végétaux sont moins distincts ou plus difficiles à classer.

Malgré toutes ces imperfections forcées, l'indication sommaire, d'après les travaux de Schimper, et en suivant les révolutions géologiques, des principaux fossiles végétaux recueillis, vérifiés et classés, pourra probablement permettre de discerner assez clairement l'ordre général de l'apparition successive des formes végétales.

On pourra suivre ainsi leur transformation du simple au composé et apprécier, dans certains cas, les causes de la disparition des moules divergents ou spéciaux à un milieu particulier, et celles de la persistance des familles encore existantes. Car, ainsi que l'a dit M. de Saporta, même lorsqu'on constate des différences entre les espèces fossiles et les espèces vivantes similaires, elles ne sont pas assez tranchées pour empêcher de croire à la filiation des unes par les autres.

§ 2. — *Première période.* — Terrain Silurien.

Après la période géologique dite primitive, à laquelle se rapporte la formation des roches granitiques, cristallisées par la chaleur, il se forma, dans les premières eaux, des dépôts de matières tenues en dissolution, et provenant de la décomposition des roches existantes. Ces sédiments, formés de schiste argileux et de grès, sont désignés sous le nom de terrains cumbriens ou siluriens ; ils ne renferment en fait de fossiles végétaux que des algues.

Ce résultat est très-rationnel, attendu que les terrains primitifs, n'ayant pas encore été recouverts par les eaux, devaient être inhabitables et inféconds. Les eaux pouvaient donc seules nourrir quelques êtres au moyen des fucus et des algues qui s'étaient développés dans son sein ; aussi les représentants des débuts de la végétation, trouvés dans les couches sédimentaires de cette époque, semblent-ils appartenir exclusivement à la flore marine (1).

§ 3. — *Seconde période.* — Terrain Dévonien.

Lors du retour des mers sur les continents, c'est-à-dire à

(1) Les dépôts s'étant en général effectués dans les eaux calmes, on n'a pas toujours une certitude absolue que les fossiles trouvés dans les terrains en formation aient existé pendant la période correspondante ; ils ont pu quelquefois être antérieurs à ces terrains, et cependant se trouver renfermés dans les mêmes sédiments, par des circonstances fortuites et inconnues.

Ainsi, par exemple, les terrains dévoniens, postérieurs et par conséquent supérieurs aux terrains siluriens, ont été formés après que les mers avaient déjà recouvert des continents ; il n'y aurait rien d'impossible à ce que, dans leur évolution, les eaux aient pu soulever et entraîner des débris d'êtres déjà déposés, de manière à les mélanger intimement et complètement avec d'autres vestiges d'une époque différente, de telle sorte que le tout eût été ensuite enfermé ensemble dans une même couche sédimentaire en voie de stratification. Ce fait isolé aurait alors pour résultat soit de faire attribuer la même forme à deux périodes différentes, ou bien d'occasionner une erreur dans le classement de la série des fossiles par époques géologiques.

la suite de la seconde oscillation du globe, les dépôts des matières tenues en suspension, ou entraînées par les eaux formèrent les terrains dévoniens composés de grès, d'argile et de calcaire. On trouve comme fossiles dans ces terrains, les vestiges des êtres ayant vécu sur les terres émergées pendant la période antérieure, et les seuls représentants de cette faune sont des mollusques, des annélides, des crustacés, des poissons et quelques reptiles amphibies, auxquels les mers offraient un vaste champ de développement.

Les terres émergées, sans végétation, arides, ne pouvaient pas encore offrir des moyens d'existence à des animanx purement terrestres, et sur ce sol vierge, aucune plante complète ne pouvait se développer, à moins d'avoir une organisation toute spéciale,et en relation avec les milieux de cette période. Les premiers végétaux,fixés sur les rochers, devaient donc nécessairement puiser dans l'air et dans l'eau tous leurs éléments constitutifs, en attendant que les détritus organiques eussent formé une couche de terre végétale et d'humus susceptible de produire une flore plus perfectionnée.

Les fossiles des terrains dévoniens prouvent que le développement des végétaux a suivi cet ordre logique, puisque, à l'exception des algues (1), mousses, lichens, champignons ou lycopodes venus au bord des eaux, ou sur les rochers, on n'a constaté l'existence que d'un petit nombre d'espèces de plantes réellement terrestres, dont la plus ancienne serait l'*Eopteris Morierei* (de Sap), se rapprochant des fougères.

Les autres plantes les mieux connues de cette époque sont les *Psilophyton, Lepidodendron, Asterophylittes*, *Prototaxis* et *Cladoxylon*.

Ces végétaux plus perfectionnés étaient à feuilles épaisses, dures et par suite persistantes; ces organes paraissent le plus souvent rangés en étoile,ou en couronne sur des tiges grêles et élancées. Tous ces caractères sont de nature à faire considérer ces plantes comme puisant leur principale nourriture dans l'air.

Ces végétaux, dont on ne trouve plus de traces après la formation des terrains permiens, ont probablement disparu, en même temps que les conditions d'existence et le milieu où ils pouvaient se développer.

---

(1) D'après A. Brongniart,les algues fossiles croissaient presque toutes dans l'eau salée.

Les dépôts siluriens présentent peu de variation dans leurs éléments, parce que les grands soulèvements des montagnes (1) n'ayant pas encore eu lieu, les eaux n'avaient pu par suite entraîner aucun débris. Il n'en est pas de même pour les terrains dévoniens, postérieurs au soulèvement des Vosges, et qui se sont ainsi enrichis de tous les détritus enlevés sur les flancs des terrains en pente.

On voit, par la différence de ces deux couches sédimentaires, l'importance du relief et des inégalités du sol, au point de vue de l'accumulation au fond des mers des détritus de toute nature, destinés à constituer de nouveaux terrains plus riches, ou de nouvelles combinaisons des mêmes éléments, susceptibles de produire ensuite une flore plus perfectionnée.

§ 4. — *Troisième période.* — Terrain Houiller.

Après la formation des terrains dévoniens, une nouvelle révolution mit à découvert de nouveaux continents, dont le sol composé de calcaire, d'argile et de sable (grès) commençait à être fertile.

Le relief du globe était encore peu accentué, aussi les eaux, ne pouvant se réunir en masse, étaient-elles disséminées un peu partout, en lacs calmes et peu profonds. Cette circonstance a ainsi favorisé la production d'une puissante végétation palustre et lacustre, dont les débris enfouis ensuite sous des couches de calcaire compacte, de grès et d'argile ont formé les amas de charbon fossile (2).

L'inégale répartition des dépôts de houille prouve que cette végétation vigoureuse, et cette accumulation de débris végétaux par masse, n'étaient pas des faits généraux et caractéristiques de cette époque.

---

(1) Les soulèvements des montagnes ont seuls pu créer les cours d'eau, et cette modification de la croûte terrestre a considérablement changé les conditions d'existence des végétaux, en donnant naissance aux versants diversement exposés, aux plateaux élevés, aux vallées profondes et aux bords des fleuves et des rivières.

(2) Les terrains de cette période n'ont pas la houille ou charbon fossile pour caractère distinctif. Mais comme la véritable houille est formée de végétaux herbacés, dont la transformation a demandé une longue période de temps calme, et que la meilleure houille, c'est-à-dire la plus ancienne, se trouve dans les terrains de cette formation, cette période et les terrains correspondants ont reçu le nom de houillers.

Il en est d'ailleurs de la houille comme de la tourbe en voie de formation ; c'est un fait géologique simple, qui ne doit son importance qu'à la qualité de ce produit.

Les principaux caractères de la flore de cette période sont d'abord la prédominance des plantes herbacées, tendres et aqueuses, privées de fleurs, et dont la reproduction s'effectuait par des spores au lieu de graines. Leurs organes foliacés sont en général raides, ou rigides, épais et se raprochant de ceux des plantes grasses ou des arbres résineux, qui se nourrissent plus aux dépens de l'atmosphère que du sol; les racines étalées ont plutôt le caractère d'organe de soutien que de nutrition.

L'organisation vasculaire des plantes acotyledones, et le peu de cohésion de leurs tissus rendaient inutile le travail destructeur des insectes, qui commencent seulement à paraître.

Une famille végétale est spéciale à cette époque, les Sigillariés ; elle ne se retrouve plus dans les couches sédimentaires des autres périodes, sans doute parce que le relief de plus en plus accentué de l'écorce terrestre ne reproduisait plus les mêmes conditions d'existence.

On peut dire enfin que la flore des terrains houillers est caractérisée par la prédominance des végétaux cryptogames ou acotylédones vasculaires et des dicotylédones gymnospermes, ainsi que par l'absence à peu près complète des monocotylédones et des dicotylédones angiospermes.

Voici, d'après les fossiles classés par Schimper, les principales espèces végétales de cette période :

Equisétinées .	*Equisetites lingulatus.*
—	*Calamites Suckovii.*
—	— *cannæformis.*
—	*Asterophyllites acicularis.*
—	*Sphenophyllum Schlotheimii.*
—	— *emarginatum.*
—	*Annularia sphenophylloides.*
Fougères. . .	*Sphenopteris Hœninghausii.*
—	— *crenata.*
—	— *trifoliata.*
—	*Cyclopteris flabellala.*
—	*Neuropteris heterophylla.*
—	*Odontopteris crenulata.*
—	— *Schloteimii.*
—	*Pecopteris arborescens.*
Lycopodinées.	*Lycopodium elongatum.*
—	*Lepidodendron Sternbergii.*
—	— *carinatum.*
—	— *crenatum.*
—	*Lepidophloios crassicaulis.*

Lycopodinées.	*Sigillaria lævigata.*
—	— *pachyderma.*
Cycadinées. .	*Nœggerathia foliosa.*
—	*Cordaites angustifolius.*

§ 5. — *Quatrième période.* — TERRAIN PERMIEN

Les débris des végétaux fossiles de cette période semblent indiquer un ralentissement dans le développement des formes végétales. Suivant les probabilités, les dépôts permiens, formés postérieurement à la période houillère, devraient renfermer une quantité plus considérables de débris provenant soit des espèces existant à cette époque, soit des couches antérieures, mises au jour dans la dislocation des terrains produite par le soulèvement des chaînes de montagne.

Cette anomalie est difficile à expliquer. Peut-être les grès rouges, les calcaires magnésiens et argileux, les marnes, etc., composant les terrains permiens n'ont-ils pas présenté des conditions favorables à la conservation des fossiles végétaux, ou bien ces dépôts, effectués dans des conditions différentes à à ceux de la période houillère, ont-ils été ultérieurement plusieurs fois bouleversés. Il faut ajouter que ces couches, ne renfermant pas des produits aussi utiles que la houille, ont été, peut-être par cela même, beaucoup moins fouillées et moins étudiées.

Quoiqu'il en soit, les végétaux fossiles de cette période sont presque les mêmes que ceux de la période antérieure ; l'apparition de genres voisins des conifères y est cependant signalée et reconnue pour la première fois, d'une façon bien certaine. Voici la nomenclature des principales espèces végétales reconnues dans les fossiles des terrains permiens :

Equisétinées . .	*Calamites gigas*	Ces formes, d'après Brongniart, sont intermédiaires entre la flore houillère et celle des périodes triasiques et jurassiques.
—	— *Sternbergii* . . .	
—	*Sphenophyllum Schlotheimii*	
—	*Annularia inflata*.	
Fougères . . .	*Sphenopteris dichotoma* . .	
—	*Neuropteris auriculata* . .	
—	*Pecopteris Martinsi*. . . .	
—	*Psoranius radiatus*	
Lycopodinées .	*Lepidodendron posthumum.*	
—	*Sigillaria Brardii.*	
Cycadinées. . .	*Nœggerathia platynervia.*	
—	*Pterophyllum Cottœanum.*	
—	*Cordaites Ottonis.*	
Conifères . . .	*Walchia piniformis.*	

Conifères . .	*Thuytes Parryanus.*
—	*Araucarioxylon Brandlingi.*
—	*Voltzia heterophylloides.*

§ 6 — *Cinquième période.* — Terrain du Trias.

On a donné le nom de période triasique aux révolutions qui ont suivi les dépôts du terrain permien,et pendant lesquelles se sont déposées les assises de grès bigarré et de calcaire coquillier,mélangées avec des couches de marne et d'argile. Ces sédiments variés prouvent leurs origines diverses,ou les mouvements successifs des eaux qui les ont entraînés, avant que chacun d'eux ait eu le temps de se déposer complétement.

On rapporte à la même période la formation des marnes irrisées, alternant avec des strates de grès, de gypse, de houille et surtout de sel gemme.

La végétation de la période triasiqne est caractérisée par l'apparition et l'extension des Coniféres (dicotylédones gymnosperme)et la diminution des plantes acotylédones. D'après A. Brongniart, les Conifères et les Cycadés, véritables représentants des végétaux complets, apparaissent pour la première fois dans les terrains triasiques ; la fixation de cette forme parait donc s'être effectuée entre la période précédente et celle-ci,en variant des Walchia qui sont leurs précurseurs.

Voici la liste des principales espèces végétales observées dans les fossiles des terrains de cette période :

Equisétinées . .	*Equisetum Mougeotii*
—	— *arenaceum.*
—	— *Brongnarti.*
Fougères . . .	*Neuropteridium grandifolium.*
—	*Anotopteris distans.*
—	*Pecopteris Schœnleiniana.*
—	*Lepidopteris Stuttgartiensis.*
—	*Danœopsis marantacea.*
Cycadinées. . .	*Pterophyllum Jœgeri* (dans les marnes).
—	*Zamites vogesiacus.*
Conifères . . .	*Woltzia heterophylla* (analogue aux cryptomerias).
—	*Taxite Masssalongi.*
—	*Albertia latifolia*,(analogue aux damaras,voisin des araucarias).
—	*Widdringtonites Keuperianus.*
Liliacées. . . .	*Yuccites vogesiacus.*

§ 7. — *Sixième période.* — Terrain Jurassique-Lias-Oolithique.

La révolution correspondante à la formation des terrains tria-

siques,et pendant laquelle les formes végétales purement terrestres ont été complètement fixées, a été suivie par celle dite jurassique, qui a donné naissance à de nouveaux sédiments, divisés en terrains du lias et oolithiques. Les fossiles trouvés dans ces couches mettent en évidence le fait de la fixation et du développement des espèces végétales, en même temps que celui de l'augmentation de la fertilité du sol,par suite de l'accumulation des détritus organiques. Il a été reconnu en effet que la couche d'humus y avait de 0,^{m}30 à 0,^{m}45 d'épaisseur,et le mélange de ces matières humiques avec tous les éléments minéraux suffit pour expliquer la végétation de la flore de cette période.

Dans les terrains du lias, sables, grès quartzeux, calcaires compactes argilifères bleuâtres ou jaunâtres et marnes sablonneuses, on voit apparaître la famille des Cycadées qui semble succéder ou remplacer les Voltzias disparus ; dans les terrains du calcaire oolithique (calcaire chargé d'hydrate de fer oolithique, bancs d'argile, de marne et de sables, marnes colorées, poudingues de polypiers et argile) on trouve presque les mêmes végétaux que dans le lias.

Voici quelles sont les principales espèces fossiles du terrain du lias :

Equisétinées . .	*Equisetum liasinum.*
Fougères. . . .	*Sphenopteris Andrœana.*
—	*Cycadopteris cycadea.*
—	*Taumatopteris exilis.*
—	*Sagenopteris rhoifolia.*
Cycadinées. . .	*Pterophyllum propinquum.*
—	*Zamites approximatus.*
—	*Pterozamites Münsteri.*
—	*Otozamites gracilis..*
Conifères. . . .	*Pachyphyllum peregrinum.*
—	*Widdringtonites liasicus.*
—	*Thuites fallax.*

Les principales espèces végétales fossiles du terrain oolithique sont les suivantes :

Characées . . .	*Chara Bleicheri.*
Equisétinées . .	*Equisetum columnare.*
Fougères. . . .	*Sphenopteris denticulata.*
—	*Coniopteris Murrayana.*
—	*Pecopteris Willamsoni.*
—	*Pachypteris ovata.*
—	*Dichopteris microphyla.*

Fougères. . . .	*Phlebopteris polypodioides.*
Cycadinées. . .	*Pterophylum distans.*
—	*Zamites Morrisi.*
—	*Otozamites pterophylloides.*
Conifères.	*Pachyphyllum Willamsoni.*
—	*Araucaria Brodiei.*
—	*Echinostrobus expansus.*
—	*Thuytes elegans.*
Liliacés	*Yuccites Schimperianus.*
Pandanacées .	*Podocarya Bucklandi.*

§ 8. — *Septième Période.* — TERRAIN CRÉTACÉ.

Les fossiles entraînés par les eaux, durant la convulsion à la suite de laquelle se sont formés et deposés les terrains crétacés, et qui se retrouvent dans les couches de calcaire, de grès, de marne, d'argile, de sable, etc., continuent à prouver la marche ascentionnelle du développement et du perfectionnement des formes végétales. Les moules anciens, et actuellement disparus, s'y montrent encore, mais en décroissance, tandis que on trouve en plus grande abondance les types perfectionnés à fleurs et les espèces dicotyledonnes actuelles.

La forêt fossile de Tilgate, correspondant à cette période, prouve la vigueur de la végétation pendant cette révolution.

Voici l'indication sommaire des principales familles végétales de cette période, d'après les fossiles reconnus:

Algues . . .		Conifères . .	*Dammarites albens.*
Equisétinées.	*Equisetum Konigi.*	—	*Cunninghamites Sternbergii.*
Fougères . .		—	*Pinus depressa.*
Cycadinées .	*Dioonites cretosus.*	—	*Abies Omalii.*
—	*Pterophyllum.*	—	*Cedrus Corneti.*
—	*Zamistrobus gibbus.*	—	*Taxodium occidentale.*
Conifères . .	*Araucaria cretacea.*	—	*Sequoia pectinata.*
		—	*Frenelites Reichii.*

Monocotyledones.

Cannophyllites Nilssoni.	*Flabellaria longirachis.*
Zosterites Brongnarti.	*Palmacites varians.*
Pandanus austriacus.	

Dicotyledones.

Betulites denticulata.
Quercus primordialis.
— *Beyrichii.*
Fagus prisca.
Salix Hartigi.
Populus microphylla.
Platanus Heerii.
Liquidambar integrifolium
Ficus primordialis.
— *protagœa.*
Banksia longifolia.
Laurus cretacea.
Sassafras cretaceum.
Nerium Rollii.
Diospyros primœva
Crednera macrophylla.
Magnolia speciosa.
Liriodendron primœvum.
Acer pristinus.
— *antiquum.*
Juglans crassipes.
Rhus cretacea.

§ 9 *Huitième période.* — TERRAIN DE L'ÉPOQUE TERTIAIRE.

Les bouleversements de la croûte solide du globe, postérieurs aux dépôts crétacés, ont été compris sous la désignation de révolution ou formation de l'époque tertiaire. La diversité des terrains, la multiplicité des fossiles et le peu d'étendue des couches explorées rendent plus incertains et difficiles l'étude de ces phénomènes, ainsi que le classement des formes et des espèces végétales correspondantes. Il faut encore remarquer, que à la suite de la dislocation des anciennes couches, produite par le soulèvement des montagnes, les nouveaux dépôts accidentels, ou les transports fortuits dus aux mouvements des eaux occasionnés par les modifications du relief de sol, ainsi que le mélange des débris fossiles antérieurs, conséquence forcée de ces divers phénomènes, jettent un certain doute sur la classification de ces fossiles.

On est convenu de distinguer, dans les terrains de l'époque tertiaire, trois formations différentes, qui ont reçu les noms de période éocène, miocène et pliocène.

La période éocène (du début) correspond aux dépôts de l'argile plastique, des sables inférieurs avec couches d'argile calcaire et banc de grès coquillier, du calcaire grossier ou calcaire à nummulite, et des formations gypseuses alternant avec des couches marneuses ou argileuses.

La période miocène (moins récente) comprend les dépôts de sables quartzeux argilifères ou micacés, mélangés de bancs de grès, de calcaire ou d'argile roussâtre (étage de la molasse), et les couches de calcaire polypier (étage des faluns), renfermant des fossiles de nouvelles espèces, ce qui tendrait à faire admettre l'existence de deux climats différents. Les

dépôts végétaux de cette époque ont formé des amas de lignite.

La période pliocène (plus récente) est caractérisée par des strates de sable et d'argile, alternant avec des marnes et des calcaires arénifères. Les végétaux de l'époque tertiaire présentent une grande similitude avec ceux de la flore actuelle ; une grande partie des genres et des espèces y sont représentés.

D'après Brongniart, les végétaux fossiles terrestres ou marins se rapprochent d'autant plus de ceux de nos climats, qu'ils se trouvent enfouis dans des terrains d'une époque plus récente ; ils présentent au contraire des caractères d'autant plus analogues à ceux de la végétation des climats équatoriaux qu'ils appartiennent à une époque de formation plus ancienne.

On a retrouvé en France, dans les terrains de l'époque tertiaire, des végétaux fossiles ayant une extrême analogie avec ceux de la flore actuelle des régions tempérées de l'Asie et de l'Amérique, tels que Taxodium, Liquidambar, Robinia, Gleditschia, Bauhinia, Cassia, Acacia, Rhus, Juglans, Liriodendron, Capparis, etc. ; la famille des Palmiers n'a fourni aucun représentant dans les terrains de la période pliocène.

Voici qu'elles sont, d'après les fossiles classés par Schimper, les principales familles végétales de l'époque tertiaire.

1° VÉGÉTAUX CRYPTOGAMES VASCULAIRES.

Champignons .	*Peziza candida.*
Algues	*Confervites*
—	*Nostoc.*
Characées . . .	*Chara helicteres.*
—	— *minima.*
—	— *tuberculata.*
Hépatiques. . .	*Marchantia Sezannensis.*
—	*Jugermannia bicuspidata.*
Mousses	*Muscites serratus.*
—	— *confertus.*
Equisétinées . .	*Equisetum lacustre.*
—	— *Braunii.*
Fougères . . .	*Pecopteris lignitum.*
—	*Asplenium neogenicum.*
—	*Osmunda poly botrya.*

2° PHANÉROGAMES GYMNOSPERMES.

Cycadinées . .	*Cycadites Escheri.*
—	*Zamites tertiarius.*
Abiétacées. . .	*Pinus Ungeri.*
—	— *Defrancei.*

Abiétacées. . .	*Larix gracilis.*
—	*Abies obtuis folia.*
Taxodianées . .	*Sequoia brevifolia.*
—	*Taxodium distichum miocenum.*
Cupressacées. .	*Cupressites Brongniarti.*
—	*Callitris Brongniarti.* .
—	*Thuya Ungerjana.*
Taxacées . . .	*Taxites validus.*

3° PHANÉROGAMES ANGIOSPERMES. — MONOCOTYLEDONES.

Graminées . .	*Arundo Gœpperti.*
—	*Bambusa lugdunensis.*
Cyperacées . .	*Carex tertioria.*
Smilacées . . .	*Smilax obtusangula.*
Naïadées. . . .	*Calamites dubius.*
—	— *parisiensis.*
—	— *nodosus.*
—	*Potamogeton naïadum.*
Pandanées. . .	*Pandanus carniolicus.*
Palmiers. . . .	*Flabellaria parisiensis.*
—	— *Lamanonis,*
—	*Latanites parvulus.*

4° PHANÉROGAMES ANGIOSPERMES. — DICOTYLEDONES.

Myricacées . . .	*Myrica subincisa.*
Betulacées . . .	*Betula elliptica.*
—	*Alnus succinea.*
Cupulifères . . .	*Carpinus grandis.*
—	*Corylus insignis.*
—	*Fagus pristina.*
—	*Castenea Kubynii.*
—	*Dryophyllum subcretaceum.*
—	*Quercus linearis.*
Salicées.	*Salix Arnaudi.*
—	*Populus undulata.*
Platanées	*Platanus aceroides.*
Balsamifluées. .	*Liquidambar europeum.*
Ulmacécs	*Planera Ungeri.*
—	*Ulmus Bronnii.*
Celtidées	*Celtis Japeti.*
Morées	*Ficus Gœpperti.*
Chénopodinées .	*Polygonum antiquum.*
Protéacées . . .	*Protea lingulata.*
—	*Grevillea minutulata.*
Laurinées. . . .	*Laurus nobilis.*
—	*Sassafras primigenium.*
Lonicérées . . .	*Lonicera deperdita.*
—	*Viburnum trilobatum.*
Oléacées	*Olea Dianæ.*
—	*Fraxinus juglandina.*

Apocynées . . .	*Strychnos europea.*
—	*Nerium parisiense.*
Sapotacées . . .	*Diospyros varians.*
Ericacées	*Erica deleta.*
Ampelidées . . .	*Cissus lacerata.*
—	*Vitis teutonica.*
Magnoliacé . . .	*Magnolia Hoffmanni.*
—	*Liriodendron Procaccinii.*
Nymphéacées . .	*Nymphœa polyrhiza.*
Acérinées	*Acer trilobatum.*
—	— *plotyphyllum.*
Sapindacées . .	*Cupanoides lobatus.*
Célastrées. . . .	*Evonimus amissus.*
Juglandées . . ,	*Juglans acuminata.*
Combrétacées .	*Terminalia elegans.*
Myrtacées. . . .	*Eucalyptus oceanica.*
—	*Myrtus helvetica.*
Pomacées. . . .	*Pirus ovatifolia.*
—	*Cratœgus antiqua.*
Amygdalées. . .	*Prunus acuminata.*
—	*Amygdalus insigni.*
Sophorées . . .	*Cercis antiqua.*
Cœsalpinées . .	*Gleditschia Wesselii.*
—	*Cœsalpinia macrophylla.*
Acaciées	*Acacia œningensis.*
—	*Mimosa Weberi.*

CHAPITRE VI.

Conditions d'existence des végétaux.

La marche de la végétation dans les temps géologiques semble fournir certaines données importantes sur les conditions d'existence des végétaux.

Lors de leur émersion primitive, il n'y avait sur les continents que de l'eau et des roches éruptives ou plutoniques ; la première et la seule végétation possible, celle des algues, se développa alors dans les eaux. Plus tard, lorsque la décomposition du feldspath et du granit eut produit du sable et de l'argile, les mousses, les lichens, les champignons et les lycopodes commencèrent à se montrer, et à se fixer sur ces roches, pour en activer la décomposition (1).

(1) Les lichens facilitent et activent la décomposition des roches granitiques et feldspathiques.

Le mélange des débris organiques avec les substances minérales constitua alors une terre fertile (1).

Les premières formes végétales, destinées à former l'humus, étaient en partie d'une nature molle et herbacée, ce qui rendait leur décomposition plus facile et plus rapide, ou bien à feuilles rigides et persistantes, pour les plantes obligées à puiser leur principale nourriture dans l'air, plutôt que dans le sol. D'après l'ordre d'apparition des espèces végétales, on voit que les premiers végétaux ligneux appartiennent à la famille des conifères à feuilles persistantes. Les racines traçantes de ces arbres s'attachent aux rochers nus ; ils n'ont pas besoin d'un terrain profond et fertile, parce qu'ils puisent dans l'atmosphère une grande partie des éléments de leur nutrition et de leur développement; ils fertilisent le sol par leurs détritus de toute nature.

Le soulèvement des montagnes, en modifiant le relief du sol, et par suite le régime des eaux, a fait varier les conditions du développement des plantes ; il a eu pour conséquences la production de nouvelles formes, ou leur distribution différente.

Les plaines, formées de couches épaisses de terrain et fertilisées par les détritus provenant des montagnes, ont présenté un milieu très favorable pour les essences épuisantes, ou dont les racines pivotantes s'enfoncent profondément dans le sol. La fraîcheur des cours d'eau a facilité le développement des plantes marécageuses dans les vallées, et les flancs des montagnes, où le sol souvent rocheux a moins de profondeur, ont offert des conditions de végétation appropriées à la nature des arbres et arbustes à racines traçantes.

Les productions végétales se sont alors naturellement divisées, suivant les conditions d'existence, en deux catégories bien distinctes, savoir : plantes terrestres et plantes aquatiques.

Dans la première division, les formes varient suivant l'état du sol. Elles se diversifient en se multipliant, et se modifient à chaque révolution géologique, à mesure que les couches sédimentaires se fertilisent de plus en plus, par l'accumulation des détritus organiques ; elles s'adaptent en

(1) Ce n'est que par suite de leur mélange avec les matières humiques et les débris organiques, que les roches en décomposition fournissent des éléments susceptibles d'être absorbés et assimilés par les végétaux.

même temps à toutes les conditions résultant de l'exposition ou du climat de chaque localité.

Il est donc bien dificile de ne pas admettre que l'influence du milieu (1), plus ou moins perfectionné, agit fortement sur le degré de perfectionnement des êtres et surtout des végétaux, en diversifiant et localisant leurs organes ; c'est en effet en allant du simple au composé, de la cellule aux organismes les plus variés et les plus compliqués, qu'a eu lieu l'apparition successive de formes végétales.

On peut dès lors être porté à conjecturer que le fond des mers actuelles, futurs continents probables, étant de mieux en mieux préparé par l'accumulation de tous les résidus organiques de cette période, la flore de la prochaine formation géologique, et qui se développera sur ces terrains émergés, suivra, avec des conditions climatériques favorables, la progression indiqué et sera, par conséquent, supérieure à celle de l'époque actuelle, puisqu'elle sera organisée suivant un milieu plus amélioré.

Cette loi naturelle explique pourquoi, sous les mêmes influences climatériques, les espèces végétales les plus remarquables ne croissent que dans les sols riches et fertiles ; et pourquoi, à égalité d'autres conditions atmosphériques, les terrains de cette nature font acquérir des dimensions exceptionnelles aux types végétaux moins parfaits, qui y ont accidentellement pris naissance.

Les différents végétaux paraissant ainsi chacun adapté à un milieu particulier, c'est-à-dire à leurs conditions normales d'existence et de développement, et la fixité du milieu ayant nécessairement pour conséquence forcée de déterminer des formes correspondantes, on doit en conclure à l'existence d'un moule spécial (espèce, famille, classe, etc.), mieux approprié à chaque milieu différent. Il en résulte alors que l'étude (2) complète et comparative des organes de chaque végétal peut en général déceler les conditions normales de son existence (3)

(1) Voir — *Origine et transformation de l'homme et des autres êtres*, par le docteur Trémaux.

(2) L'étude des organes et de leurs fonctions n'est que l'étude des combinaisons diverses des éléments organiques et de leurs propriétés. (ROBIN-JANET).

(3) La structure d'un organe ne peut pas toujours en faire deviner le rôle, parce que les mêmes fonctions peuvent s'exercer par des organes différents, et le même organe peut servir quelques fois à accomplir des fonctions diffé-

et par suite le milieu dont il convient par conséquent de le rapprocher le plus possible.

Par les mêmes raisons, puisque chaque plante semble exiger, pour son parfait développement, un milieu spécial ou un ensemble déterminé de conditions d'existence, il sera opportun de n'introduire ou de ne cultiver un végétal que dans les situations réunissant les relations ou les affinités réclamées par ses organes.

« Tout être organisé, dit Georges Cuvier (1), forme un ensem-
» ble, un système unique et clos, dont les parties se corres-
» pondent mutuellement, et concourent à la même action dé-
» finitive par une réaction réciproque. Aucune de ces parties
» ne peut changer sans que les autres changent aussi, et par
» conséquent chacune d'elles prise séparément indique et
» donne toutes les autres. »

Il importe d'ajouter que la loi des *connexions* est le lien physique qui relie, suivant une loi fixe, un organe à un autre (2).
« Si on abandonne cette loi, dit M. Paul Janet, on se laisse
» surprendre par les apparences, on attache une importance
» exagérée aux formes des organes et à leurs usages, et ces
» différences si frappantes cacheront l'essence même de l'or-
» gane ; sans elle, les analogies s'effacent, et l'unité qui se
» cache sous la diversité des formes organiques s'évanouit. »

Toutefois, de même que les différentes variétés de stations végétales n'ont pas toutes la même importance, et que les milieux les plus différents sont reliés entre eux par des transitions insensibles, de même l'importance réciproque des organes est très variable, et la plupart des espèces végétales sont reliées entre elles par des caractères communs, servant de lien de transition.

Mais en même temps, la substance organisée suit dans ses combinaisons une loi de perfectionnement progressif des fonctions, en raison de la différentiation progressive des organes;

---

rentes..... Chez les animaux inférieurs les organismes ne sont pas différenciés, et une seule structure homogène contient l'aptitude à produire toutes les fonctions vitales. (Cl. BERNARD).

(1) Discours sur les révolutions du globe.

(2) D'après la loi des *corrélations* de Cuvier, dans un être organisé toutes les parties doivent être d'accord pour accomplir une action commune.

D'après la loi des *connexions* de Geoffroy St-Hilaire, un organe est dans un rapport constant de situation avec tel autre organe donné.

c'est la loi que Milne Edward appelle la loi de la *division du travail*

Quoique Vicq d'Azir ait dit que les fonctions sont le résultat des organes, et non pas le but de leur création, il est cependant à peu près certain que des organes sont créés et développés pour remplir des fonctions, lorsque ces dernières sont nécessaires à l'existence et au perfectionnement des individus. Il est aussi également vrai, qu'en vertu de la loi d'*équilibre* (1) qui régit les mondes, on trouve quelquefois des modifications d'organes non justifiés en apparence par l'influence des milieux, et qui ne proviennent, en réalité, que de l'atrophie d'un autre organe, ou de la suppression d'une fonction.

En résumé, si la structure d'un organe ne peut pas toujours en faire découvrir le rôle, son appropriation peut, dans la plupart des cas, en indiquer le but et la cause.

Après avoir suivi la marche de la végétation pendant les périodes géologiques, il faut maintenant passer en revue les différentes parties de l'organisme des plantes; examiner leurs fonctions et leurs relations ; les classer suivant leur importance, en vue des conditions d'existence, afin d'en faire ressortir les caractères relatifs au milieu le plus approprié à chaque espèce, et déterminer ainsi implicitement les conditions normales de leur culture.

Dès que la germination des semences disséminées sur le sol, et plus ou moins recouvertes par les feuilles, s'est éffectuée, les racines de la jeune plante s'enfoncent dans la terre, en même temps que la tige et les feuilles se développent dans l'atmosphère ; puis le tronc s'élance, les rameaux se multiplient et se couvrent de fleurs, et de fruits destinés à contenir les graines qui donneront naissance à de nouveaux individus. Tels sont en résumé les divers phénomènes de la vie d'un végétal.

Mais les végétaux fixés au sol ne peuvent jamais se soustraire à l'action des agents extérieurs au milieu desquels ils ont pris naissance et se développent ; il importe, par conséquent,

(1) Vicq d'Azir a remarqué que, chez les êtres organisés supérieurs, l'organisme se composait d'une répétition bilatérale des organes, entre lesquels il s'établissait un balancement et une compensation, de telle sorte que tout accroissement d'un côté était suivi d'une diminution de l'autre côté pour conserver l'équilibre. C'est ce qu'on a appelé la loi de connexion, de répétition et de balancement des organes.

de tenir compte de toutes ces diverses circonstances dans l'étude spéciale de chacun de leurs organes.

Les diverses conditions d'existence des végétaux peuvent donc être rattachés à trois grandes divisions, classées ainsi qu'il suit :

1° L'activité vitale, c'est-à-dire le jeu des organes d'une plante qui, après sa germination, développe ses racines dans le sol et ses feuilles dans l'air.

2° Les terrains, la nature et les qualités du sol (composition, disposition, relief, humidité, pénétrabilité, etc., etc.), soit au point de vue de la nutrition, soit par rapport à la stabilité et à la facilité de la germination des semences.

3° Les phénomènes atmosphériques (température, lumière, vent, pluie, brouillard, etc., etc.), dans leurs relations avec l'assimilation des principes nutritifs, la production et la dissémination des graines.

C'est donc en suivant cet ordre que seront successivement étudiés tous les phénomènes se rapportant à la production végétale, principalement en ce qui concerne la culture des arbres isolés ou en massif.

Il est toutefois important de rappeler, au début de ces études, que les lois générales ou absolues paraissent seulement exister pour les corps inorganiques, tandis que pour les phénomènes de la production organique, on n'a observé jusqu'à présent que des faits particuliers, régis par les conditions spéciales des milieux. C'est peut-être même à cette différence capitale que doit être attribuée la difficulté où l'on s'est trouvé d'énoncer les lois secondaires, ou les règles générales précises relativement à la culture des végétaux.

LIVRE II.

DE L'ACTIVITÉ VITALE DES VÉGÉTAUX.

CHAPITRE I.

Aperçu des phénomènes se rapportant au jeu des organes végétaux.

Le phénomène de la végétation est très complexe, parce que chacun des organes et des tissus végétaux (1) se trouve soumis à des influences purement physiques, avec lesquelles la force organique de l'existence qui leur est propre, c'est-à-dire la végétation (2) ou la vie (3), intervient pour y jouer un rôle tour à tour actif ou passif.

L'action de cette force encore indéterminé, tantôt complètement organique, et d'autrefois paraissant purement chimique ou physique se rapproche souvent de celle de la fermentation (4).

(1) Les tissus une fois formés agissent selon les lois de la physique et de la chimie. (G. DAREMBERG).

(2) Le moteur de l'activité végétale c'est le soleil, et le caractère culminant de la végétation, c'est la faculté de puiser sa puissance de production dans la lumière et la chaleur du soleil, qu'elle change en affinité chimique. (G. VILLE).

(3) L'organe et la fonction ne sont qu'une résultante de la vie. Les tissus et la cellule sont doués de propriétés particulières qui déterminent l'action des organes, de telle sorte que les fonctions des organes ne sont plus que les diverses actions des cellules. (Cl. BERNARD).

(4) D'après M. Pasteur, les ferments sont des êtres vivants : ce sont des plantes ayant en outre la faculté de vivre et de se multiplier à l'abri du contact de l'air (*a*).

La levure de bière (ferment) exposée à l'air, sous l'influence d'une dissolution sucrée, donne naissance, comme un grand nombre de corps azotés, à un végétal connu sous le nom de *penicilium glaucum* (moisissure) qui, placé à l'abri de l'oxygène, se modifie en émettant de l'acide carbonique, avec formation d'alcool.

(*a*) Il y a deux espèces de ferments ; les ferments figurés qui sont seuls vivants, puisque, d'après les expériences de Cl. Bernard, ils sont seuls susceptibles d'anesthésie, et les ferments solubles qui ne sont que des composés chimiques.

Lorsqu'on examine une cellule ou utricule, la différence entre les formes animales et végétales diminue sensiblement, et on peut se demander, avec raison, si un végétal est un seul organisme complet, ou bien une réunion d'organismes divers. Il y a peut-être moins loin, qu'il ne le paraît de prime abord, entre un arbre et un polypier (1) : leurs fonctions tendent en quelque sorte au même but, et leur mode de développement est presque identique, car dans les arbres le *ligneux* n'est pas absolument *vivant* (2). La seule partie réellement vivante et

---

Dans les végétaux, le sucre (*a*) sert au développement des plantes ; il se transforme en glucose, en dextrine et enfin en cellulose, au fur et à mesure de l'expansion des bourgeons et des feuilles. C'est ainsi que dans les betteraves le sucre disparaît de la racine après la maturation des graines, où se trouvent renfermés les éléments nécessaires à la végétation de la jeune plante. En général, dans les végétaux, toute matière organique trouve à côté d'elle un principe azoté qui peut, à la longue, la décomposer et transformer ses éléments en eau, en acide carbonique et en ammoniaque. Les bases et les principes de toute végétation et de tous les végétaux sont donc l'eau et l'acide carbonique, c'est-à-dire l'oxygène, l'hydrogène et le carbonne, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par les transformations suivantes que subissent les substances végétales.

La cellulose, qui n'est que de l'amidon diversement organisé, se transforme, sous l'influence d'un acide, en amidon, en dextrine et en glucose. L'amidon est transformé en dextrine et en glucose par la diastase; la dextrine et transformé en glucose par la diastase. Le glucose, sous l'influence d'un ferment acide, se transforme en alcool, acide carbonique et eau; par la fermentation visqueuse, il donne du carbone, de l'eau et de la mannite.

Le sucre de canne est transformé en glucose par l'eau et la chaleur, par la zymase et la levure de bière ; avec ce dernier ferment, il donne de l'acide carbonique et de l'alcool : par la fermentation visqueuse il produit du carbone, de l'eau et de la mannite.

La gomme est transformée en dextrine et en glucose par les acides.

Tout ce qui nuit à la végétation arrête la fermentation des matières albuminoïdes : telle est l'action des acides minéraux, de l'essence de térébenthine, de la créosote, des alcalis, de l'acide sulfurique, de l'acide sulfureux, etc., etc ; un peu d'acide acétique l'active. La fermentation, comme la végétation, ne se développe que dans une température de 10 à 30 degrés de chaleur.

(1) M. Déhérain a reconnu, qu'à égalité de poids et de température, l'activité respiratoire des animaux inférieurs était comparable, et souvent même inférieure à celle des végétaux. (*Annales des sciences naturelles.* — Botanique. 5e série, tome XIX). La respiration des fleurs mâles est plus active que celle des fleurs femelles.

(2) Le corps ligneux ne fait que servir de véhicule aux fluides végétaux, à la

---

(*a*) L'importance du sucre dans la nutrition et la manifestation de la vie est un fait irrécusable, depuis les découvertes de Cl. Bernard, sur la formation du sucre dans le foie des animaux.

végétante, chez les plantes ligneuses, est la couche herbacée ou sous-libérienne, composée de tissu utriculaire, dont les feuilles ne sont que l'expansion.

Le bois, ligneux, lignone, lignerose ne sert que de support à la partie vivante du végétal, aux feuilles et aux bourgeons qui doivent se développer à l'air ; au moyen de ses canaux et de ses méats intercellulaires, il leur fait parvenir les sucs que les racines puisent dans le sol.

Les bourgeons, ramifications du canal ou étui médullaire (1) sont composés de tissus utriculaires ; c'est dans leur intérieur que se rejoignent et se fusionnent ces deux tissus à peu près identiques, dont l'un interne vient en suivant l'étui médullaire, et l'autre externe est la continuation de l'enveloppe herbacée.

Les bourgeons ne se développent que sous l'action de la chaleur et, d'après M. Duchartre, ils ont une existence propre.

Les feuilles ne se montrent qu'à la suite de l'émission des bourgeons, mais ceux-ci à leur tour ne paraissent qu'à l'aisselle des feuilles ; dès lors, comme les bourgeons ne font le plus souvent leur évolution qu'après la chute des feuilles, on pourrait penser que la feuille est un organe précurseur du bourgeon, et qu'elle ne tombe que lorsque ce dernier peut trouver dans la plante toute la substance dont il a besoin. Peut-être même que le gonflement des bourgeons axillaires n'est pas tout-à-fait étranger à la chute des feuilles, d'autant que l'évolution des bourgeons présente des caractères

---

sève et à l'air. D'après le docteur Sachs, la circulation de l'eau dans les tiges des arbres s'effectue par les éléments lignifiés et de préférence par les vaisseaux à l'exclusion de la moelle, des rayons médullaires et de l'écorce ; les matières amylacées circulent dans les tissus ligneux proprement dits, et les matières azotées dans les couches corticales. La réunion des deux sèves est nécessaire à l'évolution des bourgeons.

(1) Puisque les bourgeons sont une ramification du canal médullaire, il semble que leur nombre, et même la faculté d'émettre des bourgeons devrait être en rapport avec les rayons médullaires, qui mettent l'étui médullaire en communication avec la couche herbacée ; quelques fois la production de cellules subéreuses peut être, il est vrai, un obstacle à cette émission, en empêchant la communication du tissu utriculaire des rayons médullaires soit avec la couche herbacée de l'écorce, soit avec l'air. Il est à remarquer que les essences résineuses, où la production des bourgeons est plus rare, ont les rayons médullaires très-minces, et que certains arbres, qui bourgeonnent beaucoup, ont des rayons médullaires épais. Ces faits encore inexpliqués mériteraient peut-être une étude particulière.

bien différents, suivant que les végétaux sont herbacés ou ligneux, annuels ou vivaces

La sève circule dans les végétaux partout où son action est nécessaire, et la science moderne commence à faire bonne justice de l'ancienne théorie de la circulation, et de la distinction en sève ascendante et sève descendante (1).

Au moment de la chute des feuilles, tous les éléments de nutrition renfermés dans ces organes émigrent ; ils rentrent par voie de résorption dans les rameaux du végétal et s'acumulent dans le bois.

Pendant l'hiver, les arbres sont gonflés de liquide séveux, accumulé par endosmose dans les tissus ligneux, et qui ne pouvant pas être élaboré par les feuilles absentes, reste très-fluide et presque aqueux. L'absorption par endosmose s'arrête alors, soit à cause de la presque égalité de densité des liquides situés dans les racines et dans le sol, ou bien par suite de la pléthore des tissus, qui ne peuvent plus rien absorber.

Au printemps, la chaleur qui agit sur l'épiderme encore vert des jeunes branches y produit une légère évaporation (2), accompagnée peut-être même d'un mouvement d'extension (3) dans les tissus les plus jeunes (aubier et écorce) remplis de fécule (4).

---

(1) La sève, ou le liquide absorbé par les racines, monte ordinairement par toutes les parties des corps ligneux ; lorsque les couches les plus internes sont complètement lignifiées, elle circule à travers les couches les plus récentes et les rayons médullaires. (Voir page 39, note 2).

(2) Dans les boutures, les bourgeons et les racines se développent simultanément : comme les liquides nécessaires à cette production ne peuvent pas toujours pénétrer dans le plançon par la section inférieure, dont le bois est parfois altéré, on doit en conclure que c'est à travers l'écorce verte que se fait cette absoption. Or celle-ci ne peut être motivée que par l'évaporation dont cette même écorce est le siége, dans sa partie située hors de terre, et cette action paraît ainsi la cause efficiente du mouvement de végétation qui se manifeste.

(Voir la note relative à la greffe des racines de sapins — Livre V. Chapitre II. Section 5).

(3) D'après les expériences de M. William Crookes, la chaleur et la lumière paraissent douées de facultés attractives spéciales, dont l'étude approfondie pourra peut-être aider à l'explication encore incomplète de certains phénomènes relatifs au développement des plantes.

(4) M. Prilleux a constaté que le bois, pendant le repos hibernal, contient en abondance de la fécule, amassée sous forme de grains dans les cellules soit des rayons médullaires, soit du parenchyme ligneux.

La présence de la matière amylacée dans l'écorce et l'aubier des arbres explique leur propriété nutritive, et la préférence marquée des animaux pour

Cette évaporation augmentant la densité de la sève, détermine immédiatement à travers les parois des cellules végétales un phénomène de diffusion, qui a pour résultat de provoquer la turgescence des tissus, et de produire par suite un mouvement ascentionnel de liquide. Cette action, qui se transmet rapidement de proche en proche, fait agir de nouveau l'endosmose des racines où les radicelles et les poils radicullaires qui se développent, deviennent à leur tour le siége de nouveaux phenomènes d'absorption et de diffusion. La circulation s'établit et se propage ensuite jusqu'aux bourgeons à l'extrémité des jeunes rameaux.

La végétation est plus précoce (1) dans les pays froids que dans les régions méridionales, c'est-à-dire qu'avec une égale somme de chaleur, les mêmes essences ont, au printemps, une végétation plus active et plus rapide dans les contrées septentrionnales, où le froid plus rigoureux suspend complétement la force végétative pendant tout l'hiver. Ce repos absolu conserve intacte toute la réserve alimentaire accumulée dans les tissus ligneux et destinée à la pousse du printemps, qui est alors d'autant plus luxuriante, que le végétal a plus de matériaux disponibles.

Dans les climats chauds, au contraire, le repos hibernal des plantes n'est jamais complet. Sous l'influence de la lumière et de la chaleur, qui exercent toujours une certaine action sur le tissu vert de l'épiderme, la végétation conserve alors une faible activité et consomme, par cela même, une certaine quantité de la réserve alimentaire déposée dans la partie externe, plus influencée par l'action solaire. Il en résulte qu'au printemps, lors du réveil de la végétation, les couches ainsi épuisées ne peuvent plus offrir au développement des bourgeons une quantité suffisante de substances nutritives, et il faut à la chaleur solaire une intensité plus forte, ou une action plus prolongée, pour qu'elle puisse agir sur les couches végéta-

---

cette partie des végétaux. On comprend ainsi le pain de bouleau préparé dans certaines parties de la Russie, et le goût des riverains de la mer Noire pour le cambium des pins et des hêtres, qu'ils écorcent au printemps pour en faire leur nourriture.

(1) D'après M. de Candolle, avec une température de 7 à 8 degrés centigrades, des rameaux de peupliers, de charmes et de tulipiers détachés à Genève ont été notablement plus précoce que les rameaux des mêmes essences envoyés de Montpellier. L'époque de la feuillaison a dépassé la différence de 8 à 10 jours que l'on observe parfois pour des arbres voisins de même espèce.

les internes, c'est-à-dire placées plus loin de l'épiderme.

Sous l'action de la chaleur extérieure, ou de la respiration des plantes, et par suite d'un afflux de liquide, la fécule emmagasinée dans les tissus est entraînée dans la circulation des sucs végétaux, et les bourgeons reçoivent alors par l'intérieur, à travers les couches ligneuses et corticales, des éléments nutritifs, absolument semblables à ceux que les cotylédons et le corps albumineux des semences fournissent aux plantules des graines en germination. (1)

Les premiers bourgeons, les premières feuilles se développent donc en empruntant, à l'amidon accumulé dans la graine ou dans les tissus ligneux, les premiers éléments de leurs tissus, puis, après leur expansion, les feuilles vertes élaborent de la fécule et de l'amidon (2), sous l'action des rayons solaires et de l'électricité (3), en absorbant de l'acide carbonique (4). Lorsque le soleil disparaît, les feuilles absorbent alors de l'oxygène, les grains d'amidon se dissolvent, entrent dans la circulation générale, et par un phénomène encore inexpliqué, se transforment en matière protéïque. Lorsque le soleil reparaît, et sous l'influence de la chaleur, il se forme de nouveaux bourgeons, ou de nouvelles feuilles se dévelop-

---

(1) Dans les pays septentrionaux et chez les arbres à feuilles aciculaires, toutes les substances nécessaires à l'épanouissement des fleurs et à la fécondation des graines se trouvent dans les bourgeons, qui s'ouvrent au premier souffle d'air chaud et avant l'ascension de la sève. La fleuraison et la fructification de l'orme, avant l'émission des feuilles, reproduit ce phénomène.

(2) D'après les recherches de MM. Nobbe, Schrœder et Erdmann, les grains de chlorophylle n'engendrent d'amidon autochthone que sous l'influence de la potasse, quelle que soit d'ailleurs la forme sous laquelle cette base se présente ; sans potasse la plante n'assimile pas et n'augmente pas de poids. (*Annales agronomiques*).

(3) D'après les expériences de M. Grandeau, une plante soustraite à l'influence électrique subit dans son évolution une diminution de formation de substance de 30 à 50 pour cent, portant principalement sur la production du glucose et de l'amidon.

(4) D'après M. Correnwinder (*Compte-rendu des séances de l'académie des sciences*, 25 février 1878), les feuilles sont le siége d'un double phénomène. Les feuilles jeunes, riches en matières azotées, et dont les cellules sont gonflées de protosplasma respirent réellement comme les animaux, en exhalant de l'acide carbonique, le jour comme la nuit ; les feuilles plus âgées, renfermant en abondance de la chlorophylle s'assimilent pendant le jour l'acide carbonique.

Ce double phénomène est souvent difficile à constater, parce que les plantes présentent des feuilles de tout âge et que la respiration des jeunes feuilles se confond, ou est masquée par l'assimilation de l'acide carbonique dont les vieilles feuilles sont le siége.

pent en puisant, soit dans les réserves, soit dans l'amidon nouvellement formé, tous les principes de leur organisation. C'est ainsi que « de formations anciennes en formation nou-
» velle, comme le dit G. Ville (1), le végétal gagne chaque jour de
» la substance, les organes venus les derniers étant le produit
» composé d'une partie de la substance de ceux qui les ont
» précédé, accrue des agents puisés au dehors. »

» Cette succession d'effets remarquables, ajoute-t-il, se pour-
» suit sans interruption, mais avec une intensité variable
» jusqu'au moment de la floraison. A ce moment un ordre de
» choses nouveau commence.

» Dès que la fleur est épanouie, et que les graines se déve-
» loppent, l'accroissement de la plante se rallentit d'abord, et
» bientôt s'arrête complétement ; la fleur, au lieu d'absorber
» dans sa substance de l'acide carbonique et d'aspirer pour
» l'éteindre de la lumière et de la chaleur comme les feuilles,
» absorbe au contraire de l'oxygène, dégage de l'acide carbo-
» nique et rayonne de la chaleur.

» Alors la plante n'absorbe plus rien du dehors, elle vit sur
» elle-même pour assurer l'organisation de l'embryon et de
» la graine qui doit la reproduire. »

Ainsi, sous l'influence de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, de la végétation, de la vie, en un mot, les bourgeons se développent ; les feuilles paraissent et se forment en commençant par celles des branches basses ou moyennes ; les branches s'allongent ; les fleurs s'épanouissent et les graines fécondées mûrissent. En même temps, par suite de l'évaporation (2) dont les feuilles deviennent le siége, la force ou l'intensité du courant sèveux, qui traverse la plante, s'accroît. Mais le liquide absorbé par les racines arrive aux feuilles presque complétement aqueux, et c'est dans cet organe, sous l'influence des rayons solaires, que se reconstituent les matières amylacées, par suite probablement de la décomposition du glucose (3). Ces matières s'emmagasinent ensuite dans la

(1) Voir *Les engrais chimiques, le fumier et le bétail*, par G. Ville.

(2) L'évaporation est, d'après les expériences de M. Déhérain, la cause de la migration des principes immédiat des végétaux.

(3) L'amidon qui se porte sur les organes naissants, ainsi que la matière combustible, provenant de la décomposition de l'acide carbonique, ne se produisent que dans les cellules de la chlorophylle et sous l'action de la lumière.

D'après M. Duchartre, la formation d'un principe saccharoïde, amidon ou

cellulose dont la formation se fait simultanément ; cela explique comment la couche ligneuse la plus récente, formant l'accroissement en diamètre des arbres et en contact immédiat avec les couches corticales, contient en partie la réserve de fécule qui, au printemps suivant, doit servir à la production et au développement des nouveaux bourgeons.

Ce phénomène se produit à peu près de la même manière pour les graines, qui se développent à l'aide d'une réserve de matières déposées dans leur albumen, pendant le cours de la végétation.

L'évolution des graines et des bourgeons est presque identique, et l'on peut répéter, avec M. G. Ville, que tout organe vit aux dépens des organes antérieurement formés, dont il absorbe une partie de la substance (1). On voit en effet que la graine emprunte ses éléments à toutes les parties de la plante-mère ; l'embryon puise sa nourriture dans le périsperme ou dans les cotylédons, et le bourgeon tire ses matériaux de la branche ou de la tige qui le porte.

C'est par voie de résorption que se préparent ces diverses productions nouvelles, et cette action porte sur les éléments les plus solubles ; on s'explique ainsi le dépôt considérable des matières minérales insolubles que l'on trouve constamment dans les tiges, ou les parties les plus anciennement formées des végétaux.

Malgré toutes les études les plus approfondies sur ces phénomènes, on est cependant encore à se demander, si la circulation de la sève est un acte purement physique ou bien physiologique ; on sait aussi que les bourgeons poussent et se développent, mais on hésite encore à se prononcer sur la véritable force qui les met au jour.

Il y a sur le jeu des organes des plantes des questions complexes que la science n'a pas encore complètement résolue jusqu'à ce jour (2), et qui laissent bien des points douteux dans

---

glucose, dans les feuilles ou organes verts, est le préliminaire essentiel de l'accumulation des matières de réserve dans certains organes.

(1) D'après Cl. Bernard la nutrition en général ne se fait pas à l'aide des aliments absorbés actuellement, mais de ceux pris antérieurement, modifiés et en quelque sorte créés par l'assimilation.

(2) On sait par exemple que les plantes empruntent l'hydrogène à l'eau ; qu'elles puisent tout leur carbone dans l'air ; que les feuilles absorbent l'ammoniaque de l'atmosphère, mais on ignore les procédés spéciaux que la nature emploie dans ces phénomènes. C'est que, comme l'a dit Claude Bernard, « tan-

les phénomènes relatifs au développement des formes végétales. Mais ces incertitudes portent sur les causes plutôt que sur les effets : elles n'ont donc pas une influence bien considérable sur les relations des plantes avec les agents extérieurs, et ne paraissent pas de nature à infirmer la suite et les conclusions de ces études.

CHAPITRE II.

Caractères, importance et classification des organes végétaux.

Lorsqu'on examine un arbre et qu'on réfléchit aux principales phases, ou conditions de son existence propre, on voit que toute sa vie se résume dans les trois termes suivants ; se fixer au sol, s'accroître et se reproduire.

L'organisme végétal comprend donc trois fonctions principales : 1° fixation au sol et soutien des organes auxiliaires; 2° nutrition et accroissement; 3° reproduction et dissémination des graines ; ces trois divisions embrassent et distinguent en même temps tous les centres d'activité, tout en délimitant complétement les différentes catégories d'organes servant à ces fonctions.

S'il est facile de distribuer en trois séries, organes de nutrition, organes de reproduction et organes de soutien, les diverses parties d'un végétal, il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit de déterminer leur importance absolue ou relative, soit entre eux, soit par rapport aux agents extérieurs. La difficulté vient surtout de ce que chacune de ces trois séries constitue un appareil complexe, formé d'organes secondaires, et dont chaque portion offre des caractères de valeurs différentes, suivant le point de vue auquel on se place (1).

» dis que le chimisme du laboratoire est exécuté à l'aide d'agents et d'appareils » que le chimiste crée, le chimisme des corps vivants est exécuté à l'aide d'a- » gents et d'appareils que l'organisme a créés..... et que l'on ne peut pas faire.»

(1) A. Brongniard indique, ainsi qu'il suit (*Histoire des végétaux fossiles*), la gradation et l'importance des caractères des organes végétaux : « Les caractères » anatomiques qui tiennent à l'organisme intime de la plante ont plus de valeur » que les formes extérieures..... Lorsqu'on ne peut pas les observer, on » doit chercher à découvrir dans la forme extérieure des organes quelque » modification qui soit pour ainsi dire l'expression du caractère interne, et qui » puisse en faire apprécier les modifications.

Comme il est admis que le caractère le plus important de chaque être est évidemment celui d'où dépend son existence (1), et que la nutrition est la fonction la plus nécessaire à la vie d'une plante, il s'en suit que les organes de nutrition doivent être classés en première ligne. Mais chez les végétaux, la nutrition s'opère à la fois par les racines, qui absorbent les principes renfermés dans le sol, et par les feuilles qui élaborent les éléments d'assimilation (2). De ces deux actes, le dernier est le plus important puisque l'existence d'une plante dépend beaucoup plus des substances assimilées que de celles absorbées.

La feuille est donc l'agent principal de la nutrition, et le phénomène de la greffe fournit, à l'appui de cette assertion, une preuve irréfutable. Si un végétal vivait à proprement parler par les racines, le bois d'une tige greffée ne serait pas

---

» Les vaisseaux nourriciers, formant la trame qui détermine les relations de » position et même souvent la forme des organes, sont évidemment plus im- » portants que le parenchyme qui les entoure, et qui peut masquer les carac- » tères les plus essentiels d'un organe. Le mode de distribution des vaisseaux, » qui peut donc seul mettre sur la voie des véritables affinités végétales, est par » conséquent la chose principale à observer dans chaque organe. On a déjà » reconnu combien cette disposition des vaisseaux était un caractère essentiel, » puisqu'elle distingue les deux grandes classes de végétaux phanérogames.

» ..... Le mode d'accroissement de la tige étant constamment lié à sa struc- » ture intérieure, et la forme extérieure dépendant de son mode d'accroisse- » ment, la forme d'une tige peut suffire pour déterminer avec probabilité la » structure interne.

» Après la structure interne de la tige, le caractère le plus important de cet » organe est le mode d'insertion des feuilles à sa surface, et ce caractère est » une dépendance nécessaire de la structure de la tige qui émet la feuille ; on » peut en dire autant de la disposition des vaisseaux qui de la tige se rendent » dans le pétiole. Telles sont les modifications de structure qui paraissent avoir » le plus de valeur, et doivent par conséquent fixer le plus l'attention..... Dans » les feuilles, la disposition des nervures, qui indique la charpente proprement » dite de cet organe, fournit les signes les plus essentiels pour les distinguer....»

(1) Cette considération a fait prendre à Cuvier les dents comme point de départ de sa réorganisation et du classement des animaux fossiles.

(2) La nutrition est une fonction très complexe. D'après M. Ernest Haeckel *(Histoire de la création naturelle)*, la nutrition n'est pas seulement l'ingestion des substances réellement nutritives, mais comprend encore l'influence de l'eau, de l'atmosphère, celle de la lumière solaire, de la température et de tous les phénomènes météorologiques, que l'on désigne sous le nom de *climat*. Cette fonction dépend aussi de l'influence médiate ou immédiate de la constitution du sol, de l'habitat, puis de l'action si variée et si importante que les organismes du voisinage, amis, ennemis ou parasites, exercent sur chaque plante.

modifié, tandis que, au contraire, après cette opération, les mêmes racines, mais avec des feuilles d'une autre espèce, produisent du bois, des fleurs et des fruits différents (1).

Comme les feuilles sont des appareils très complexes (2) de digestion et de respiration, dont les fonctions sont prépondérantes dans l'assimilation des substances nutritives, il est probable qu'à chaque modification importante de cet organe doit correspondre un changement intérieur ou extérieur de la forme végétale (3).

Après la feuille, la racine paraît être l'organe qui contribue le plus à la vie d'un végétal, parce que en le fixant dans le sol, d'où il doit tirer une partie de sa nourriture, elle lui impose, en les subissant, des conditions particulières d'existence, qui doivent forcément réagir sur sa structure et son développement.

L'organe principal de la reproduction du végétal, la graine, vient en troisième ligne : contenant tout ce qui doit servir à propager l'espèce et à la première évolution de l'embryon, elle peut indiquer, par l'analyse de ses éléments, les principes nutritifs les plus favorables à la croissance de végétal. Ses caractères extérieurs peuvent déterminer son mode normal

---

(1) M. Rivière a remarqué que chez le marronnier blanc et le marronnier jaunes greffés entre eux, on apperçoit bien la ligne de démarcation entre les deux bois, qui sont de nuances différentes et conservent leurs caractères propres. (*Bulletin de la société d'acclimatation*, février 1875).

(2) Les fleurs et les fruits ne sont que des feuilles modifiées. Gœthe a été un des premiers à signaler cette métamorphose des organes appendiculaires des plantes.

(3) D'après A. Brongniard (*Histoire des végétaux fossiles*), lorsqu'on aura donné plus d'attention à la structure des organes de la végétation, peut-être pourra-t-on faire ressortir des rapports d'organisation restés cachés jusqu'à présent.

Si on parvenait à établir un classement des végétaux d'après les organes de la végétation ; si on pouvait déterminer toutes les modifications que le végétal éprouve par suite des changements dans la forme ou la contexture des feuilles, l'étude des seuls organes de la végétation indiquerait non seulement la nature ou l'espèce du végétal, mais encore toutes ses conditions culturales. M. Pokorny, professeur à Mariabrunnen, a établi un nouveau classement des familles végétales d'après la nervation des feuilles, qui peut se rattacher à trois types principaux, savoir : la nervation parallèle, la nervation pennée et la nervation palmée. Les *Annales forestières* ont signalé, tome 13, année 1854, page 325, la découverte faite par le docteur Mac'Cosh des analogies et de l'harmonie de la forme des feuilles avec le végétal lui-même ; il n'a jamais été possible de connaître en quoi consistait la découverte signalée par les *Annales forestières*.

de dissémination, et indiquer ainsi les meilleures conditions pour assurer sa germination, et par suite la production du jeune plant.

Le corps ligneux, comme organe de soutien et réceptacle de substance, vient enfin en dernière ligne. Il peut fournir, par l'étude de ses ramifications et de ses caractères extérieurs, la notion des conditions ordinaires de croissance et de végétation ; en même temps, sa composition chimique pourra indiquer les éléments assimilés et peut-être servir ainsi de guide, jusqu'à un certain point, pour le choix du terrain le plus convenable à chaque arbre.

On ne doit pas oublier aussi que les racines, servant à fixer le végétal au sol, doivent, sous ce rapport, être l'objet d'une étude spéciale comme organe de soutien et de fixation du végétal dans la terre.

CHAPITRE III.

Organes de Nutrition.

Section Ire. — Des Feuilles.

§ 1. — *Formes et Contexture des Feuilles.*

Les feuilles, expansion de tissu cellulaire (1), sont le siége de divers phénomènes d'absorption, d'évaporation, de respiration, d'assimilation (2) et d'élaboration ayant tous

(1) Les feuilles sont considérées comme une expansion ou prolongation des faisceaux fibro-vasculaires; mais on n'est pas encore complétement d'accord sur le mode de développement de ces tissus, et sur le point de savoir si tous les faisceaux fibro-vasculaires se ramifient, et si les ramifications sont antérieures aux feuilles ou bien si elles n'apparaissent que simultanément avec ces organes.

(2) D'après M. Correnwinder, les feuilles jeunes respirent comme les animaux, en exhalant de l'acide carbonique le jour comme la nuit, et les feuilles plus âgées et vertes s'assimilent pendant le jour l'acide carbonique.

Il résulte également des expériences faites, que les feuilles ne peuvent se développer que dans une atmosphère contenant de l'acide carbonique, et que l'acide carbonique absorbé par les racines ne peut suffire à faire vivre les plantes. Il a été en outre reconnu que les feuilles peuvent assimiler le carbonne de l'acide carbonique existant dans les tissus ligneux, et c'est ce qui explique la vie des feuilles panachées blanches, qui ne peuvent décomposer l'acide carbonique de l'air ; les plantes présentant cette anomalie ont d'ailleurs toujours une croissance lente, précisement par la difficulté de l'assimilation résultant de l'absence de chlorophylle dans les feuilles.

pour résultat la nutrition et le développement du végétal : elles sont à la fois l'estomac (1) et les poumons (2) des plantes.

D'après les découvertes les plus récentes, la partie verte des feuilles, c'est-à-dire la chlorophylle (3) est l'appareil où

(1) Le docteur anglais Hooker, de la société royale de Londres, directeur du jardin botanique de Kew, a constaté que les feuilles de la *dionée* éprouvent toutes les contractions d'un estomac d'animal, lorsqu'on leur présente une mouche ; les phènomènes de succion et d'absorption sont absolument identiques. Lorsqu'une mouche se pose sur une feuille de *dionée*, celle-ci se ferme aussitôt, et ne s'entrouvre de nouveau qu'après avoir enlevé toute la substance humide et nutritive de sa victime. Le docteur Hooker ayant placé un morceau de bœuf sur une feuille de cette plante, le même fait se reproduisit ; il parvint ainsi à engraisser la feuille et la plante, que les substances minérales laissent insensible.

D'après M. Burdon Sanderson, les contractions de la *dionée* donnent lieu à une dépense de force électro-motrice, comme lorsqu'un muscle se contracte.

Les *Drosera longifolia* et *rotondifolia*, la *Sarracenia purperea*, le *Darlingtonia*, et enfin divers *népenthes* paraissent jouir de la même faculté d'absorber directement les substances animales, mais les circonstances spéciales qui accompagnent ce phénomène ne sont pas encore bien connues ; elles sont même contestées par divers botanistes.

D'après une expérience de M. F. Darwin, des *drosera* nourris de matières animales ont pris un accroissement et un développement plus considérables que celui des plantes privées de ce genre d'alimentation.

(2) La respiration des plantes commence même au-dessous de zéro, et augmente proportionnellement à la température. Cette fonction est plus active chez les jeunes plantes renfermant des matières azotées et du protoplasma ; elle diminue au fur et à mesure que les feuilles renferment davantage de chlorophylle et deviennent plus vertes, mais alors la fonction réductrice et la fixation de l'acide carbonique augmentent.

Les champignons non verts émettent de l'acide carbonique comme les animaux.

(3) Chaque granule vert de chlorophylle, instrument par excellence de l'activité végétale, est, à vrai dire, un atome végétal possédant, à l'état d'unité presque infinitésimale, tout ce que le végétal possède lui-même par essence de puissance et d'activité. (G. VILLE).

La chlorophylle constitue un tissu en quelque sorte vivant, puisqu'il est sensible aux agents anesthésiques.

La chlorophylle est formée de deux parties distinctes, une matière colorante jaune et une verte. Dans la matière verte, la potasse est d'autant plus abondante que la couleur est plus foncée ; la matière colorante des feuilles est donc un mélange de phylloxantine et de phyllocianate de potasse. En perdant la chlorophylle, les feuilles deviennent jaunes et perdent aussi une grande partie de la potasse.

La chlorophylle semble avoir, d'après M. Grandeau (*cours d'agriculture de l'école forestière*), la propriété exclusive de réduire l'acide carbonique et l'eau, et de les transformer en matière vivante. Les végétaux dépourvus de chlorophylle sont inaptes à effectuer cette décomposition et ne se nourrissent, comme les

la matière organique se crée ou se forme, tandis que les autres tissus ne servent qu'à la digestion, à la respiration et aux autres fonctions (1).

Les organes verts sont le lieu et les appareils essentiels de la production des matières saccharoïdes et de l'amidon, et cette formation est le préliminaire essentiel de l'accumulation de l'amidon ou du sucre dans le corps ligneux.

La diversité des feuilles, affectées à chaque espèce d'arbre, permet de penser qu'à chaque modification de cet organe important, doit correspondre une variation dans le résultat de leurs fonctions, et par suite une élaboration différente des tissus ligneux, ainsi qu'une fleuraison et une fructification spéciale (2). Néanmoins il ne faudrait pas attacher la même importance à tous les caractères des feuilles, parce que les uns ne sont que superficiels, et n'affectent pour ainsi dire que la forme et le contour extérieur, tandis que les autres sont génériques et réellement importants.

Au nombre de ces derniers on doit placer la persistance, la contexture rigide ou molle, le plus ou moins d'épaisseur, la dimension, le tégument, l'existence de rugosités ou d'aspérités et la couleur (éclat et reflet). Les caractères que l'on pourrait établir d'après la contexture, et l'organisation intime et cellulaire des feuilles seraient évidemment plus importants, mais

---

animaux, que de substances préalablement fabriquées par les parties vertes des autres végétaux.

L'agent primordial de la production chlorophyllienne est la lumière du soleil, et on peut à cet égard admettre trois points fixes de température : 1° un zéro inférieur, c'est-à-dire une température minimum (variable avec les espèces) à laquelle la chlorophylle ne se produit pas; 2° un maximum de température (35° environ) coïncidant avec la production maximum de la chlorophyle; 3° enfin un zéro supérieur, correspondant à la température à laquelle la chlorophylle ne se forme plus. Entre les zéros extrêmes, la rapidité de la production de la chlorophylle, toutes choses égales d'ailleurs, s'accroît et suit une marche à peu près proportionnelle avec la température.

(1) D'après les observations de M. I. Pierre, les feuilles des végétaux remplissent le rôle de magasin où viennent s'accumuler, en quantité croissante suivant que l'humidité en facilite l'absorption, les éléments de nutrition et de développement des graines. Quand les feuilles inférieures se flétrissent, les matières nutritives passent aux feuilles supérieures qui s'accroissent ainsi aux dépens de celle-ci ; lorsque le phénomène d'absorption s'arrête, le végétal vit alors réellement aux dépens des feuilles, dans lesquelles il ne reste plus à la fin que les éléments inutiles à la plante et aux graines.

(2) On a remarqué que, pour certaines vignes, les feuilles à limbe bien développées sont l'indice de la fertilité des ceps, tandis que les feuilles laciniées ne viennent que sur les plants peu fertiles, ou ne portant que très peu de fruits

comme la science ne les a pas encore déterminés, on est obligé de les laisser, pour le moment, en dehors de ces études.

Les feuilles persistantes sont généralement dures et un peu raides ou coriaces ; les conséquences de ces caractères s'ajoutent aux effets produits par la persistance de ces organes sur les branches.

D'après Th. de Saussure, les feuilles caduques respirent davantage, c'est-à-dire consomment plus d'oxygène et émettent plus d'acide carbonique que celles des arbres à feuilles persistantes.

Les aiguilles des arbres résineux ferment leurs stomates pendant la sécheresse, ce qui ralentit ou empêche l'évaporation des liquides que ces arbres puisent dans le sol ; on pourrait en conclure que ce genre de feuille semble caractériser des végétaux susceptibles de mieux résister à la sécheresse du climat et du sol, et pouvant, par conséquent, prospérer aux expositions méridionales et dans les terrains secs. Mais comme il est présumable que les racines de ces arbres vont puiser l'humidité nécessaire à leur végétation dans les couches inférieures, les terrains les plus favorables à leurs développements doivent être sinon profonds, du moins fissurés, et pénétrables à ces organes.

Les terrains pierreux et rocheux, mais non compactes, conviennent donc aux arbres de cette essence, qui cependant croissent aussi dans les bons sols.

Les arbres à feuilles persistantes, ayant leurs organes foliacés prêts à fonctionner aussitôt que la température permet la circulation de la sève, peuvent par suite prospérer à de grandes altitudes, là où la brièveté de la période végétative deviendrait un obstacle pour la croissance d'autres essences.

Les feuilles rigides, coriaces, épineuses semblent être l'indice d'une végétation lente ; elles caractérisent en général les essences croissant dans les terrains secs et pierreux, et aux expositions chaudes.

Les feuilles molles, souples et inermes indiquent ordinairement une station fraîche, humide et abritée contre les ardeurs du soleil, ou bien sont caractéristiques des plantes aquatiques. Les végétaux à feuilles souples et molles ont davantage besoin d'un climat humide que les essences à feuilles dures et raides.

Les feuilles poilues (1) paraissent capables de résister à la

(1) La sécheresse rend certaines plantes velues et fait développer des piquants.

sécheresse et aux ardeurs du soleil ; les organes foliacés des plantes aquatiques ou vivant dans l'eau sont ordinairement dépourvues de poils.

Les feuilles épaisses et charnues se trouvent le plus souvent sur les arbres tirant une partie de leur nourriture de l'air, où ces organes absorbent, par toute leur surface, leurs éléments d'assimilation ; ces essences n'épuisent pas le sol et peuvent par conséquent prospérer dans des terrains peu fertiles. Les feuilles de cette catégorie, comme celles qui sont minces et sèches, paraissent ne pas redouter les ardeurs, ni l'action des rayons du soleil

Les feuilles larges et développées (1) appartiennent le plus souvent aux essences d'ombre, aimant la fraîcheur du sol que leur abri conserve ; elles sont ordinairement l'indice d'un climat chaud et humide.

Les feuilles petites et étroites semblent indiquer au contraire un arbre de lumière, auquel les expositions méridionales et le soleil ne sont pas contraires ; on les remarque principalement sur les arbres croissant dans une situation chaude et sèche.

---

(1) La dimension des feuilles diminue avec l'âge des arbres.

D'après les observations de MM. E. Tisserand et Schübeler (*La Végétation dans les hautes latitudes*), plus on avance vers le nord, plus les feuilles des végétaux grandissent.

D'après les expériences de M. R. Weber (Laboratoire d'Aschaffenbourg, 1873), la dimension superficielle des feuilles diminue, pour une même essence et dans des conditions identiques de sol et de végétation, d'une manière très remarquable, suivant l'altitude.

Voici le résultat de ces expériences qui ont porté sur le hêtre :

Hauteur au dessus du niveau de la mer.	Nombre de feuilles.	Superficie en mètres carrés occupée par toutes les feuilles.
133 mètres.	1000 feuilles	3 m. q 414 d. q
237 —	—	2 — 128 —
324 —	—	2 — 112 —
438 —	—	1 — 843 —
500 —	—	1 — 822 —
514 —	—	1 — 674 —
685 —	—	1 — 500 —
700 —	—	1 — 472 —
1043 —	—	1 — 083 —
1344 —	—	0 — 910 —

Cette réduction, qui n'avait pas encore été signalée, ne suit pas une marche régulière ; elle n'a pas encore reçu une explication complète. (*Journal d'agriculture pratique*. — La nutrition minérale des végétaux, par GRANDEAU).

Les feuilles luisantes et vernies bravent les ardeurs du soleil, dont elles réfléchissent les rayons ; elles résistent en même temps aux températures basses, parce que l'absence de rayonnement diminue leur émission calorifique.

Les feuilles lisses, transparentes, fines et tendres, facilement pénétrables à la lumière et à la chaleur, réunissent les conditions favorables à une végétation très-active, pourvu que les plantes trouvent dans le sol de la fraîcheur et des éléments assimilables.

Les feuilles spongieuses et fraîches ont besoin d'un terrain frais pour entretenir leur humidité, qui est une condition absolue de la végétation : dès qu'une feuille a perdu l'eau nécessaire à ses tissus, elle perd en même temps, et sans pouvoir la recouvrer, la faculté de décomposer et de fixer l'acide carbonique.

La coloration bien verte des feuilles, preuve d'une végétation active, disparait ou diminue à l'ombre, et lorsque le végétal se développe dans un terrain privé de fer (1).

§ 2. — *Evaporation.* — *Exhalaison.* — *Transpiration des Feuilles.*

Les feuilles sont composées de deux parties, le limbe et le pétiole. Ce dernier organe pourrait avoir quelque importance au point de vue des nervures (2) et de leur disposition, mais le limbe parait être la portion essentielle de la feuille, surtout parce qu'il est le siége de l'évaporation, principale cause de la circulation des fluides (3) dans les tissus ligneux des arbres (4).

---

(1) D'après les expériences d'Eusèbe Grix, la maladie de la chlorose, c'est-à-dire le jaunissement des feuilles provient de l'insuffisance de la quantité de fer existant dans le sol. Cet état morbide des plantes disparait, dès qu'on introduit dans la terre la quantité d'oxide de fer nécessaire à la végétation des plantes.

(2) Les nervures dépourvues de stomates n'exhalent pas de vapeur d'eau.

(3) M. Pfitzer a essayé de calculer la vitesse avec laquelle l'eau circule dans les plantes ; d'après diverses expériences, cette vitesse, différente suivant les plantes et les organes, semble varier de 4 à 6 mètres par heure. On en a conclu que la coupe du courant d'eau est à la coupe de la tige, comme 1 est à 80. (*Annales agronomiques.*)

D'après Sachs (*Traité de botanique*), la vitesse avec laquelle les particules d'eau s'élèvent dans une branche de peuplier blanc en voie de transpiration active est de $0^{m}23$ à l'heure.

(4) La circulation de l'eau dans les tiges des arbres s'effectue par les éléments lignifiés et de préférence par les vaisseaux, à l'exclusion de la moëlle, des rayons médullaires et de l'écorce.

Ce phénomène, l'un des plus importants de l'activité végétale, mérite quelques explications, à cause de ses variations.

Le limbe de la feuille est composé de deux épidermes séparés par un parenchyme intérieur, mais l'action de cet organe, au point de vue de l'évaporation, est encore imparfaitement connue. Il semble en effet résulter de certaines expériences, que les végétaux sont capables de laisser évaporer une quantité d'eau supérieure à celle que peut renfermer le sol, d'où il faudrait en conclure, qu'au lieu de protéger la terre contre la sécheresse, ils sont eux-mêmes une cause de dessèchement, ce que la réalité dément (1).

L'évaporation des feuilles est un fait constant (2), d'une grande importance pour les massifs boisés, et les diverses phases de ce phénomène commencent maintenant à être bien connues, grâce aux belles expériences de M. Déhérain (3), dont on va indiquer les principaux résultats.

L'évaporation est la cause de la migration des principes immédiats des végétaux, et de la concentration des matières minérales qui se trouvent dans les organes, siége de cette fonction (4). En outre, la formation de la substance ligneuse

---

(1) Si, ainsi que l'ont observé des botanistes allemands, et en France MM. Duchartre et Musset, il est exact que les feuilles jouissent de la faculté de rejeter, sous forme de fines gouttelettes, dont la chute sur le sol constituerait une pluie d'un caractère exceptionnel, l'eau absorbée par les racines, il est facile d'expliquer alors le rôle des arbres dans les phénomènes naturels, et la fraîcheur existant sous leur couvert. Leurs racines, en puisant dans les profondeurs de la terre l'eau qui s'y infiltre, pour la répandre ensuite sur le sol, contribueraient ainsi à l'entretien de la fraîcheur nécessaire à la végétation des plantes herbacées. Cette action rafraîchissante modérerait l'échauffement de l'air et de la terre, surtout pendant les chaleurs de l'été, où l'évaporation est plus active.

(2) Dans une ascension aérostatique, M. Tissandier a constaté que l'hygromètre a monté notablement, lorsque le ballon a traversé, à 780 mètres de hauteur, la couche d'air située au-dessus d'un massif boisé. Cette augmentation sensible d'humidité, accusée par l'hygromètre à cette altitude, prouve l'importance de l'évaporation au point de vue forestier.

Quelquefois le liquide est évaporé en quantité assez considérable pour se condenser ensuite en gouttelettes sur les feuilles, et ce phénomène peut alors être confondu avec la rosée provenant de la condensation de l'humidité de l'air.

(3) *Cours de chimie agricole* par M. Déhérain.

(4) Dans les arbres, les sels minéraux sont ainsi répartis suivant les organes :

Tige ligneuse	0.55 °/₀
Ecorce.	7.17 °/₀
Feuilles.	14.20 °/₀

Proportion moyenne totale 0.99 °/₀.

est d'autant plus active que la transpiration est plus abondante et le courant d'eau plus puissant.

D'après M. Merget, le siége de l'exhalaison est variable. Dans les jeunes feuilles, elle a lieu à travers les tissus couverts d'une cuticule, mais l'énergie de cette fonction diminue au fur et à mesure de la croissance des feuilles ; et lorsque ces organes sont complétement développés, l'exhalaison devient alors spéciale aux stomates (1) : son activité s'accroît avec la richesse chlorophyllienne des tissus.

Lorsque les plantes vivent dans un sol humide, l'absorption de l'eau par les racines, permettant une évaporation rapide et abondante, a pour résultat une condensation facile et considérable des principes nécessaires au développement des organes; la végétation est alors très active, mais la formation ligneuse est souvent lâche et poreuse.

Une atmosphère humide, qui diminue la transpiration des feuilles et laisse la sève aqueuse, donne parfois le même résultat.

L'effet contraire se produit dans les terrains secs et chauds : la végétation y est généralement active, mais comme les éléments du développement des végétaux sont plus condensés, il en résulte que si leur croissance est parfois moins rapide, la production ligneuse est plus dense, plus serrée et plus forte.

Dans les climats chauds, les stomates des feuilles se ferment à l'époque de la sécheresse, par suite de la diminution de la quantité des liquides renfermés dans les tissus. Ce fait a pour résultat de ralentir l'évaporation et de conserver aux plantes une partie de l'humidité que les racines puisent dans le sol.

La lumière, c'est-à-dire le soleil est l'agent principal et direct de l'évaporation, qui est par conséquent plus forte le jour que la nuit ; elle augmente suivant la lumière et la chaleur (2).

---

(1) L'échange des gaz aériens chez les végétaux ne s'effectue également que par les stomates (MERGET).

(2) D'après M. Marié Davy, la chaleur ne peut servir de guide pour calculer l'évaporation des plantes. A égal degré d'éclairement, une plante transpire d'autant plus qu'elle peut puiser plus abondamment dans le sol l'eau dont elle a besoin ; à égal degré d'éclairement et d'humidité, la transpiration croît comme le développement de la plante et de son appareil radiculaire.

La lumière rouge et jaune active ce phénomène et la lumière verte le ralentit. Dans ces conditions, l'évaporation varie néanmoins suivant l'eau absorbée par les racines.

La face inférieure des feuilles, mieux pourvue de stomates, évapore ordinairement plus que la face supérieure ; cependant cette règle subit quelques exceptions pour les plantes à feuilles lisses. Les feuilles jeunes évaporent plus d'eau que les vieilles, et c'est pourquoi la cîme des arbres a une évaporation plus active, indépendamment de l'influence de l'air ou du vent qui favorisent cette fonction.

Les feuilles délicates et herbacées transpirent beaucoup plus que celles coriaces, épaisses, succulentes, ou couvertes d'un épiderme lisse et luisant. D'après les expériences de Th. de Saussure et de Hales l'appareil foliacée des arbres verts à feuilles persistantes (1) évapore moins d'eau que ceux à feuilles caduques, mais cette infériorité est compensée par la durée de l'évaporation qui, pour les premiers, s'effectue à peu près toute l'année (2). En général l'évaporation est proportionnelle au nombre et à la surface des feuilles (3).

---

(1) D'après les observations de Klauprecht, à poids égal, les aiguilles de pin sylvestre évaporent trois fois et demi moins que les feuilles de chêne ; le couvert des pins est moindre que celui des chênes,

Suivant Gustave Heyer, la faiblesse d'évaporation des aiguilles de pin dépend de l'épaisseur de leur cuticule et de la pruine résineuse qui les recouvre. (D'ARBOIS de JUBAINVILLE. — *Revue des eaux et forêts*).

(2) D'après les expériences de MM. Lawes et Gilbert, l'évaporation des arbres varie avec les essences et suivant les saisons. Ainsi, tandis que les arbres à feuilles persistantes évaporent dans les quatre premiers mois (du 22 décembre au 24 avril) 44 p. 0/0 de l'eau totale fournie par le sol, ceux à feuilles caduques n'en évaporent que 14 p.0/0. Les rapports d'évaporation entre les deux catégories d'essence peuvent se résumer ainsi :

Périodes d'évaporation.	Arbres à feuilles persistantes.	Arbres à feuilles caduques.
4 mois (21 décem. 24 avril),	23	8
4 mois (25 avril 22 août),	52.5	56
4 mois (23 août 21 décemb.),	24.5	36
	100. »	100.

Le maximun d'évaporation varie par essence. Pour le méléze et le sycomore, le maximun d'évaporation se produit en même temps que le maximun de température, du 23 juillet au 22 août ; pour le chêne, le maximun d'évaporation est atteint après les plus fortes chaleurs, du 22 août au 21 septembre ; pour le sapin, l'if et le frêne, le maximun précède au contraire les hautes températures. (*Journal d'agriculture pratique* — MM. Lawes et Gilbert et leurs travaux par M. RONNA.)

(3) D'après Hales, la transpiration est proportionnée à la surface des feuilles ;

L'état de l'atmosphère, sa transparence, la présence des nuages, des brouillards ou de la fumée des usines (1), la fréquence des rosées sont autant de circonstances dont il convient de tenir compte, parce que l'évaporation des végétaux, augmentée par l'effet d'un air vif et sec et l'action du soleil, est diminuée dans les cas contraires : un ciel brumeux et nuageux fait l'effet d'un abri et d'un écran pour les jeunes plantes.

Si l'évaporation, par une circonstance quelconque, enlève au végétal plus de liquide que ne peut en fournir l'absorption des racines, la plante souffre et dépérit. Dans un sol frais et humide, où les arbres puisent de quoi remplacer tout le liquide expiré, ils peuvent par suite mieux résister, sans abri, aux ardeurs du soleil et à une évaporation considérable, qui dans d'autres circonstances les ferait périr.

Il sera donc bon, soit au point de vue du traitement des massifs boisés, soit pour la conservation des jeunes plants, de toujours chercher à maintenir l'équilibre de cette fonction. On peut en outre déduire des faits signalés, que les végétaux dont les feuilles évaporent le moins de liquide peuvent se contenter d'un terrain plus sec.

§ 3. — *Ombre produite par les Feuilles.*

Le plus ou moins d'abondance des feuilles, leur persistance,

---

il a trouvé que les arbres à feuilles caduques (vignes pommiers) évaporent en douze heures, en moyenne 0 litre 15 par mètre carré de feuilles, et un citronnier seulement 0 litre 09.

D'après Rister, la proportion d'eau qui s'évapore par heure de chaque décimètre carré de surface foliace atteint 0 g. 05 chez les conifères, 0 g. 06 chez le chêne et 0 g. 23 dans les pommiers. Cette quantité s'élève à 0 g. 46 dans les plantes herbacées, telle que la luzerne.

(1) La fumée des cheminées d'usine est souvent très nuisible à la végétation, parce qu'elle ralentit l'évaporation des feuilles et fait souvent périr les plantes.

D'après le Dr Schrœder, la fumée des usines n'est nuisible que parce que les feuilles absorbent l'acide sulfureux répandu dans l'air et le transforment en acide sulfurique, dont l'action délétère détruit la vitalité des cellules et tissus végétaux, et détermine ainsi la chute prématurée des organes foliacés. La coloration verte des nervations de la feuille sur un parenchyme pâle ou brun est, d'après MM. D'arbois de Jubainville et Vesques (*Les Maladies des plantes cultivées*), le caractère spécial de l'empoisonnement des feuilles par l'acide sulfureux.

Les arbres les plus sensibles à cette action morbide sont le sapin, l'épicea, le hêtre, le chêne, le bouleau, le pommier, etc.

leur grandeur (1), leur situation respective sur les rameaux, la manière dont elles se recouvrent, ainsi que leur angle d'insertion sur la tige augmentent ou diminuent l'ombre que forme le feuillage des arbres.

L'ombre, qu'il ne faut pas confondre avec le couvert, quoiqu'elle en soit un des éléments, est mobile ; elle suit la direction des rayons du soleil qui la projette et la promène sur le sol, dont elle conserve la fraîcheur, en diminuant son évaporation (2).

L'ombre des arbres se compose en général de lumière diffuse ou tamisée à travers les feuilles : or, d'après Sachs, la lumière qui a déjà traversé une couche de chlorophylle n'a plus d'effet sur une autre couche de cette substance. D'autre part, la lumière verte diminue l'évaporation des feuilles, ainsi que l'absorption de l'acide carbonique, et semble faciliter au contraire l'émission de ce gaz (3). Ce double phénomène explique donc parfaitement pourquoi à l'ombre des arbres la végétation est languissante, et le peu d'action de la lumière qui a traversé une voûte de feuillage, relativement au développement des plantes (4).

L'énergie de la décomposition de l'acide carbonique par les plantes varie suivant l'intensité de la lumière ; à l'obscurité, c'est-à-dire sous une ombre complète, presque tous les végétaux émettent de l'acide carbonique provenant de la respiration (5). Cette fonction, indépendante de l'action de la

(1) La dimension des feuilles diminue avec l'âge des arbres ; cette circonstance est de nature à modifier, suivant le cas, l'ombre des vieilles futaies et les conditions de leur régénération.

(2) D'après M. Ebermayer, l'évaporation d'un sol nu est de 3.50 plus forte que sous le couvert des arbres en massif. Quoique l'action de l'ombre seule n'ait jamais été calculée, on peut bien la supposer égale à la moitié au moins de celle du couvert, et admettre qu'un sol ombragé évapore deux fois moins qu'un sol nu.

(3) Le houx, qui expire de l'azote au lieu d'oxygène (A. Richard), semble ne pas craindre l'ombre ni le couvert, sous lequel il se développe, sans être contrarié par la diffusion ou l'absence de la lumière.

(4) L'ombre des forêts n'est qu'une diminution de la lumière ; dans les forêts tropicales, sous un couvert épais, il se développe une riche végétation, mais spéciale à ce milieu, et composée en général de plantes à tissus cellulaires.

(5) On ne doit pas confondre l'acide carbonique provenant de la respiration des plantes avec celui que les végétaux puisent dans le sol par leurs racines, et qu'ils laissent parfois diffuser dans l'air, sans en avoir fixé le carbone.

lumière, s'effectue même lorsque les cellules à chlorophylle sont inertes, et que la chlorophylle a disparu, mais elle est alors moins intense. M. Dehérain ne serait pas éloigné de penser que, dans ce cas, la combustion provenant de la respiration est une des causes de la chute des feuilles (1).

Tout végétal dont les feuilles forment une ombre épaisse, doit rechercher les sols frais à la surface, et avoir en général les racines traçantes ; celui, au contraire, dont le feuillage léger ne met pas le sol à l'abri de l'action des rayons du soleil, doit avoir les racines pivotantes, ou profondément traçantes, à moins qu'il ne soit organisé pour croître dans les terrains secs. Il faut cependant faire une exception pour les arbres aquatiques ou marécageux, qui ont bien souvent un feuillage très-léger, précisément parce que, à cause de leur station végétale, ils n'ont pas à craindre que le soleil dessèche le sol où ils croissent.

Le climat et la température modifient souvent les effets et les résultats de l'ombre et de la lumière sur le développement des végétaux ; ainsi telle plante qui, dans les climats froids ou tempérés, ne peut croître qu'en pleine lumière et bien exposée au soleil, se développe parfois très-bien à l'ombre, dans un climat plus chaud, ou à une exposition méridionale.

L'ombre est souvent utile aux jeunes plants pour les garantir, surtout dans leur jeunesse, des ardeurs trop vives du soleil. Ceux-ci peuvent d'ailleurs prospérer à l'ombre, tant qu'ils n'ont pas épuisé la réserve des matières nutritives renfermées dans l'albumen ou les cotylédons, et qu'ils n'ont, par conséquent, pas besoin de l'action directe de la lumière pour l'élaboration des sucs séveux (2).

§ 4. — *Consistance. — Quantité. — Persistance des feuilles.*

Les feuilles étant les organes de la nutrition, il en résulte que toutes les parties du végétal se trouvent sous la dépendance et l'influence des rameaux feuillés. La manière d'être des feuilles a donc, sous tous les rapports, la plus grande im-

(1) Voir infra : § 4, 2° Défeuillaison.

(2) On n'a pas encore des données bien précises sur les relations des feuilles, de l'ombre et du couvert des végétaux avec l'ozone atmosphérique.

Voir infra : Livre IV, Chapitre VI, Ozone.

portance sur la végétation d'un arbre, attendu que plus ces organes aériens sont nombreux, plus ils peuvent fournir d'éléments assimilables pour son développement et la formation du corps ligneux.

Les travaux de M. Duchartre et les expériences de M. Violette relativement au rôle et à l'importance des feuilles sur la production du sucre, ont démontré que l'accroissement des plantes dépend de la quantité des organes foliacés, plutôt que de leur surface.

Comme tous les organes des végétaux, les feuilles présentent de nombreuses variations dans leur constitution et leur état, pendant la durée de leur période d'activité. D'abord leur formation n'est pas uniforme, puisque M. Ebermayer a constaté que les feuilles du hêtre et de l'épicéa absorbaient, pour leur production annuelle, six fois plus d'éléments que le bois, tandis que les feuilles de pin n'en absorbent que trois fois plus.

D'après M. Ebermayer, les jeunes feuilles renferment, en mai, 70 à 78 pour cent d'eau ; ce taux s'abaisse ensuite et reste à peu près constant de juin à la fin de la végétation, en oscillant de 50 à 60 pour cent. Les feuilles qui tombent naturellement contiennent de 30 à 50 pour cent d'eau, qu'elles perdent ensuite rapidement, et ne gardent que de 20 à 30 pour cent d'humidité ; les feuilles desséchées ne retiennent que de 15 à 20 pour cent d'eau. A mesure que les feuilles vieillissent, leur teneur en principes albuminoïdes diminue ; ces organes, qui renferment une proportion de 25 à 28 pour cent de ces principes au mois de mai, en sont généralement dépourvus au mois de novembre, ou bien n'en renferment plus que 4 à 5 pour cent. La moyenne de la teneur en matières protéïques, des feuilles vertes desséchées, est de 12 à 13 pour cent, ce qui est équivalent au bon foin de prairie.

En perdant leur chlorophylle et en devenant jaunes, les feuilles tombées perdent aussi une grande partie de la potasse qu'elles contiennent, et qui est ainsi restituée au sol.

En outre de ces variations, en quelque sorte individuelles, il importe de tenir compte de la différence du nombre des feuilles existant sur les arbres, ou sur une surface boisée, non seulement suivant les diverses essences, mais aussi par rapport à l'état du peuplement en taillis ou futaie (1).

---

(1) Voir plus loin : Livre III, Chapitre I, Section V (*Détritus formant la couverture du sol*), et Livre V, Chapitre III, Section II, § 1.

D'après M. Bartels, la production moyenne annuelle, en feuilles sèches, d'un hectare futaie de 50 à 100 ans est de 4860 kilogrammes ; Hartig évalue ce même produit, pour la futaie, à 4676 kil. (1), et à 9348 kil. pour le taillis. En suite des expériences faites en Bavière et relatées par M. Ebermayer, voici quel est le poids des feuilles mortes fourni par hectare et par an, par diverses essences :

Hêtres de 30 à 90 ans	4080 kil.
Epicéas de 30 à 90 ans	3530 kil.
Pins de 25 à 75 ans	3700 kil.

Suivant M. Pabst de Darmstad, la quantité de feuilles mortes que fournissent, par hectare et par an, les arbres à feuilles caduques varie de 4500 à 5500 kil. pour les bois de 8 à 10 ans ; pour des conifères de 12 à 15 ans ce produit serait de 5 à 6000 kilogrammes.

Il résulte de récentes expériences faites par M. Burger (2), ancien Sous-Inspecteur des forêts, que la production foliacée moyenne d'un hectare de taillis sous futaies, essence chêne, aménagé à 25 ans, est pour le taillis seul de 9400 kilogrammes comprenant 33,840,000 feuilles (3).

Le tableau ci-dessous indique cette production du taillis plein, essence chêne, par hectare et par âge.

1 an	22.000.000	feuilles	6100 kil.	14 ans	41.200.000	feuilles	11410 kil.
2 id.	20.450.000	id.	5680 kil.	15 id.	41.480.000	id.	11510 kil.
3 id.	30.210.000	id.	8390 kil.	16 id.	38.240.000	id.	10600 kil.
4 id.	43.580.000	id.	12100 kil.	17 id.	35.000.000	id.	9740 kil.
5 id.	38.530.000	id.	10700 kil.	18 id.	29.960.000	id.	8310 kil.
6 id.	33.480.000	id.	9300 kil.	19 id.	24.920.000	id.	6900 kil.
7 id.	29.640.000	id.	8230 kil.	20 id.	30.250.000	id.	8400 kil.
8 id.	25.800.000	id.	7160 kil.	21 id.	35.550.000	id.	9870 kil.
9 id.	42.100.100	id.	11690 kil.	22 id.	34.240 000	id.	9510 kil.
10 id.	34.360.000	id.	9540 kil.	23 id.	32.930.000	id.	9140 kil.
11 id.	26.620.000	id.	7400 kil.	24 id.	41.460.000	id.	11510 kil.
12 id.	23.770.000	id.	6600 kil.	25 id.	50.000.000	id.	13880 kil.
13 id.	40.930.000	id.	11370 kil.	moyenne	33.840.000	id.	9400 kil.

(1) M. Grandeau cite une évaluation d'Hartig portant à 11600 kil. environ le poids des feuilles d'un hectare de futaie de hêtre.

(2) Voir *Revue des eaux et forêts 1877*, pages 53 et suivantes.

(3) D'après les expériences de M. Burger, 600 feuilles sèches, prises en forêt l'hiver, pèsent 167 grammes, ce qui correspond à 3600 feuilles pour 1 kil.; 350 feuilles de chêne développées représentent, suivant le même auteur, une superficie de 1 mètre carré.

La production foliacée des arbres de futaie se répartit ainsi qu'il suit, par catégorie de réserves :

Baliveau chêne	de 25	à 30	ans.	Circonfér.	0m.	28e.	—	4960	feuilles ou	1 k. 380
Jeune mod. id.	37	38	id.	id.	0	45.	—	9600	id.	2 600
mod. id.	62	63	id.	id.	0	95.	—	49500	id.	13 700
Jeune anc. id.	87	88	id.	id.	1	10.	—	60800	id.	16 900
Vieil. écor. id.	112	113	id.	id.	1	80.	—	92700	id.	25 600

Les écarts existants entre les chiffres fournis par les différents auteurs, relativement à la production foliacée des bois, ne peuvent se comprendre et s'expliquer que par des erreurs d'expérience, ou bien par les différences de la végétation des arbres, d'après l'état plus ou moins serré du massif et suivant les méthodes d'exploitation adoptées.

En ne considérant que leur foliation, les arbres peuvent être divisés en deux catégories bien distinctes, savoir : 1° Ceux qui perdent annuellement toutes leurs feuilles ; 2° Ceux qui conservent leurs feuilles en totalité, ou en partie, pendant plusieurs années, sans qu'il y ait une époque spéciale pour leur défeuillaison.

La persistance des feuilles pendant l'hiver n'a pas pour conséquence la permanence de la végétation. Il est cependant à présumer que, même pendant la saison froide et quoique l'élaboration des sucs végétaux soit suspendue, l'absorption, l'exhalaison des gaz et la respiration ont toujours lieu, ce qui a pour résultat d'emmagasiner dans les feuilles des arbres de cette catégorie plus de substances minérales qu'il ne peut y en avoir dans des feuilles caduques.

Les arbres à feuilles persistantes prédominent en général dans les climats extrêmes (pôles et équateur) ; la zône tempérée en renferme peu. Dans les climats chauds, on peut attribuer à l'élévation de la température le développement et la persistance de l'appareil foliacé, qui présente en général des couleurs vives, une contexture dure, et un tégument luisant.

Pour les pays froids, on ne peut expliquer cette prédominance des arbres à feuilles persistantes (arbres résineux) que par la nécessité de compenser la brièveté des saisons et du temps pendant lequel le flux séveux, destiné à l'accroissement des végétaux, peut s'élaborer et circuler. Il est en effet évident que le climat des pôles limitant l'accomplissement de tous les phénomènes de la végétation à une période très-courte, les espèces végétales pourvues d'un appareil d'assimilation per-

manent et, par conséquent, prêt à fonctionner aussitôt que la température permet la circulation de la sève, pouvaient seuls se fixer, se développer et se reproduire dans ces régions froides (1).

Il importe de considérer aussi que l'évaporation continue, dont les feuilles de ces végétaux sont le siége, sollicite sans cesse le mouvement de la sève, et que, même lorsque la terre

(1) La dépendance réciproque des végétaux et des animaux n'est peut-être pas étrangère à cette distribution, ou peut du moins la justifier d'une certaine manière. Dans les pays chauds, la circulation du sang étant plus active, les espèces animales consomment plus d'oxygène et exhalent par conséquent plus d'acide carbonique. Or, comme ce gaz est essentiellement favorable à la végétation (*a*), il s'en suit que, sous l'influence d'une température élevée, les plantes se trouvent dans des conditions très favorables pour se développer avec vigueur, par suite de la grande quantité de carbonne qu'elles peuvent fixer, et en même temps, elles rejettent dans l'atmosphère beaucoup d'oxygène libre.

Cette végétation exhubérante empêche en outre le dessèchement du sol par l'abri qu'elle lui procure contre les ardeurs du soleil : l'équilibre entre les organismes des deux règnes se maintient ainsi par une égale activité réciproque des fonctions.

Dans les régions froides, il faut aux habitants une nourriture et un air pouvant leur permettre de lutter et de triompher du refroidissement de la température extérieure ; il faut stimuler les organes et activer la circulation du sang, pour réagir contre l'influence frigorifique. Or les essences résineuses, qui abondent dans les climats froids, élaborent toutes des sucs propres, dont les éléments sont le carbone et l'hydrogène. Si d'une part le carbone est fourni par la décomposition de l'acide carbonique de l'air, l'hydrogène ne peut provenir que de la décomposition de l'eau absorbée par le végétal, mais alors cette réaction a pour résultat de rendre libre une certaine quantité d'oxygène (*b*).

La propriété qu'ont les arbres résineux d'exhaler une grande quantité d'oxygène est ainsi éminemment propre à activer la circulation du sang, et à réchauffer tous les organismes. Les arbres abritent en outre les hommes et les animaux contre le froid et le vent, et protègent le sol contre un refroidissement trop considérable, capable de faire périr toutes les plantes pouvant servir de nourriture aux animaux.

Le double phénomène dont les arbres résineux sont le siége explique ainsi l'action vivifiante des forêts de pins, et l'opinion assez généralement répandue que ces essences assainissent et dessèchent mieux que d'autres arbres les terrains humides (*c*).

(*a*) D'après M. Cailletet, le gaz acide carbonique existant dans l'air est la seule source où les végétaux puisent le carbone nécessaire à leur accroissement: cet élément est ainsi une condition indispensable de leur existence.

(*b*) D'après Boussingault, les aiguilles de pin maritime exhalent un volume d'oxygène supérieur à celui de l'acide carboniqne disparu, et cet oxygène paraît provenir de la formation des résines et autres carbures d'hydrogène.

(*c*) Ce fait a été constaté dans les Landes, à la suite des reboisements effectués en pins maritimes; M. d'Arbois de Jubainville attribue à la même cause un fait de dessèchement constaté dans la forêt de St-Amand, arrondissement de Valenciennes.

glacée paralyse ou arrête l'action des racines, l'absorption des feuilles peut encore entretenir la végétation.

D'après les expériences de M. Dehérain, à la température ordinaire, les feuilles persistantes des arbres résineux respirent moins, et émettent également moins d'acide carbonique que les autres feuilles, mais vers 40 degrés de chaleur, leurs fonctions ont la même activité.

Dans les climats tempérés, les arbres à feuilles persistantes peuvent être placés aux expositions très-chaudes ou très-froides, suivant les autres caractères afférents à chaque espèce.

La persistance des feuilles varie d'ailleurs avec les conditions de la végétation, et pour chaque essence.

§ 5. — *Défeuillaison.* — *Chute des feuilles mortes.*

La défeuillaison, c'est-à-dire la chute naturelle des feuilles est un des phénomènes les plus intéressants de la végétation, parce que la disparition momentanée des organes foliacés arrête l'évaporation et l'élaboration de la sève, dont la circulation est alors suspendue.

Ce phénomène si commun, et qui se produit toutes les années, commence à peine à être bien connu. On doit d'ailleurs, pour s'en rendre parfaitement compte, examiner d'abord les causes déterminantes de la chute des feuilles, les circonstances dans lesquelles la défeuillaison s'effectue, les phénomènes spéciaux dont les feuilles deviennent alors le siége et enfin la manière dont s'effectue la séparation de cet appendice.

Toutes les feuilles tombent, les feuilles persistantes comme les feuilles annuellement caduques, et la généralité de ce phénomène servirait seule à prouver que les organes foliacés n'ont qu'une durée limitée. Pour les feuilles minces et souples, telles que celles des arbres qui se dépouillent chaque année, l'abaissement de la température, à l'entrée de l'hiver, arrête dans ces organes la fonction de nutrition, ainsi que la production de l'amidon ; aussitôt la chlorophylle, qui constitue le tissu vivant, se modifie et disparaît. Dans les feuilles dures et persistantes, cet état ne se produit qu'à la longue, sous l'influence de la combustion provenant de la respiration (1). Or comme l'azote accompagne la chlorophylle, il en résulte que

(1) *V. Chimie agricole*, par M. DÉHÉRAIN.

les feuilles perdant ainsi, en même temps, leurs substances colorantes et leurs substances nutritives, et ne fonctionnant plus, deviennent alors des organes inertes et par suite inutiles.

Il résulte d'ailleurs des observations de M. I. Pierre que, lorsque l'absorption des feuilles diminue ou cesse, les éléments qu'elles renferment passent dans les feuilles plus jeunes, qui s'accroissent ainsi aux dépens de celles-ci (1). Les feuilles mortes qui tombent par terre sont dépouillées de toutes leurs matières nutritives, qui ont été résorbées par le végétal et employées au développement des graines ; elles ne contiennent plus que des matières inutiles (2), telles que la chaux ou la silice, passée même quelque fois à l'état insoluble.

Les feuilles tombent donc parce qu'elles ont accompli leur évolution, cessé leurs fonctions, terminé leur existence, et perdu toutes leurs substances utiles ou nutritives ; elles se séparent alors naturellement du végétal, comme un organe devenu superflu ou inutile, comme les pétales des fleurs que le vent disperse, ou le fruit mûr qui tombe de la branche (3). Mais comme la cessation des fonctions des feuilles, ou la fin de leur vitalité peut être provoquée ou influencée par diverses causes extérieures, on peut en résumé dire avec M. Ebermayer (4), que la chute des feuilles est déterminée par trois circonstances différentes : 1° l'absence de nutrition par suite de la cessation de la circulation de la sève ; 2° l'abaissement de la température qui se produit à l'automne et pendant l'hiver ; 3° la diminution de l'intensité de la lumière pendant cette même période.

Les feuilles formées les premières (ce sont généralement les plus basses) se flétrissent aussi les premières, parce que leur période de végétation se termine plus tôt. Néanmoins il arrive parfois que les feuilles élevées, découvertes, bien

(1) Cela explique pourquoi les feuilles terminales, dernières formées, sont aussi les dernières à tomber.

(2) Les feuilles mortes et tombées naturellement sont tellement privées de toute espèce de substances ou principes nutritifs, qu'aucun des animaux qui les mangent vertes, ou même séchées aprés avoir été récoltées vertes, n'en fait sa nourriture.

(3) Les feuilles gelées au printemps paraissent faire exception à cette règle; quoique ne fonctionnant plus, la plus part d'entr'elles restent sur les arbres jusqu'à l'hiver. Peut-être cela tient-il à ce que, dans biendes cas, le limbe a seul souffert du froid, et que le pétiole a pu conserver une certaine vitalité.

(4) *V. Journal d'agriculture pratique* — La nutrition minérale des végétaux par M. GRANDEAU.

exposées au soleil, et celles des arbres isolés, tombent plus tôt, parce que elles ont plus vite épuisé la vitalité de leurs tissus, à cause des circonstances qui ont activé l'énergie de leurs fonctions.

Les différences que l'on peut constater sur l'époque de la chute des feuilles de diverses espèces d'arbres provient des différences du tissu de ces organes, ainsi que de la succession des phénomènes atmosphériques. A l'automne, ou à l'entrée de l'hiver, la sécheresse (1) prolongée, ou une gelée soudaine sont souvent la cause déterminante du rapide dépouillement des arbres.

Le phénomène de la chute des feuilles ne peut pas avoir de règles bien fixes, attendu que dans chaque contrée il est soumis aux influences climatériques locales. Ainsi, d'après les expériences de M. Ebermayer, l'effeuillement complet des arbres en Bavière, pour une altitude de 450 mètres, s'effectue dans l'ordre suivant : tilleul, frêne, érable, aune, bouleau, hêtre, chêne et mélèze.

Les aiguilles des conifères ont une durée variable pour chaque essence ; le sapin conserve ses feuilles de 7 à 9 ans, l'épicéa de 4 à 7 ans, le pin noir de 2 à 3 ans, le pin du lord Weymout de 1 à 2 ans. Ces feuilles tombent en toute saison, en commençant par les feuilles les plus basses et les plus âgées (2).

Le mélèze est le seul résineux qui, en Europe, perd toutes ses aiguilles chaque année, en une seule fois.

Les feuilles en se flétrissant perdent leur chlorophylle, et

---

(1) Dans certaine contrée du Brésil, des forêts appelées catingas perdent leurs feuilles par suite de la chaleur et de la sécheresse. DUCHARTRE — *Eléments de botanique.*

(2) Lorsque de jeunes arbres revêtus de leurs feuilles, tels que les résineux, sont exposés directement aux rayons chauds du soleil, vers la fin de l'hiver, et quand la terre est encore glacée, l'évaporation des liquides qui se produit dans les organes foliacés n'étant pas compensée par l'absorption des racines, puisque ces dernières ne peuvent pas absorber de l'humidité par suite de la congélation profonde du sol, les organes aériens perdent alors leur humidité, meurent, sèchent et tombent.

Cette défoliation accidentelle, qui amène la mort du végétal, frappe surtout les jeunes plants dont les racines sont encore peu profondement enfoncées ; les grands arbres dont les racines profondes, et par conséquent situées au-dessous du terrain glacé, peuvent fonctionner et absorber des liquides, sont à l'abri de ce genre de maladie. Tout ce qui couvre le sol (couverture, feuilles etc.) et empêche le refroidissement, sert de remède à cette maladie.

les colorations diverses qu'affectent ces organes, avant leur chute, sont encore imparfaitement expliquées, malgré les recherches auxquelles ce phénomène a donné lieu. On peut penser, puisque la chlorophylle et l'azote disparaissent simultanément, que la coloration des feuilles en rouge ou en jaune (absence de vert), qui se produit à l'automne, est la conséquence de la résorption et de la disparition de l'azote émigré dans les graines, lors de la maturation des fruits, ou combiné avec l'amidon. Ce qui tend à corroborer cette opinion est la similitude d'action entre les fruits mûrs, privés d'azote et colorés, et les feuilles qui se flétrissent ; les feuilles ni les fruits ne décomposent plus alors l'acide carbonique, mais transforment au contraire l'oxygène en acide carbonique. L'espèce de combustion qui se produit, à la suite de ce phénomène, deviendrait ainsi la cause du détachement et de la chute des feuilles et des fruits.

Les altérations dans la coloration des feuilles sont toujours accompagnées d'une perte de poids de ces organes, par suite de la migration ou de la diffusion des matières, qui des feuilles passent dans les branches et le tissus ligneux, soit pour servir au développement des semences, soit pour constituer la réserve alimentaire destinée aux productions de l'année suivante.

En résumé, comme le changement de couleur des feuilles se produit généralement lorsque la vitalité de ces organes diminue, ou bien après la production et la maturation des fruits et des graines, on peut admettre que la destruction ou la disparition de la couleur verte provient de la cessation de l'assimilation, et de la production de nouveaux principes organisés.

Il a été constaté également, que les feuilles changent de couleur et jaunissent en commençant en général par la pointe ou par les bords, et que les nervures restent plus longtemps vertes que le parenchyme, parce qu'elles servent de véhicule pour la migration de l'amidon.

En ce qui concerne chacune des couleurs spéciales, qui se manifestent dans les feuilles à cette époque, il résulte des observations de Kraus, que les organes foliacés des plantes acides et celles à fruits bleus ou rouges, se colorent généralement en rouge (erythrophylle) ; que la coloration jaune (xanthophylle), qui paraît due à une altération ou oxydation de la chlorophylle, a été observé sur les cépages de raisins blancs, les aunes, érables, acacias, platanes, peupliers, etc.;

quand à la coloration brune ou rouge brune, qui est spéciale aux feuilles complétement mortes, elle est due à la formation des composés humiques.

Il reste maintenant à examiner comment les feuilles flétries, inertes, c'est-à-dire mortes, se séparent du végétal vivant, et où se fait le plan de scission. Malgré les recherches physiologiques, on manque de données bien précises sur le rôle du pétiole et des vaisseaux qui le traversent, au sujet de cette intéressante question de la chute des feuilles.

On peut cependant admettre, que lorsque la feuille est inerte (morte), l'activité vitale du pétiole s'éteint graduellement. Mais comme la désorganisation des tissus pourrait se communiquer à la plante elle-même, et compromettre ainsi son existence, il importait par conséquent au végétal de pouvoir arrêter toute influence pernicieuse, et expulser en quelque sorte cet organe mort.

Or il existe dans les couches corticales un tissu spécial, formé de cellules subéreuses, dont la fonction est précisément de recouvrir les parties vivantes des arbres d'une enveloppe imperméable, pour les mettre à l'abri des agents extérieurs, et dont l'activité se manifeste principalement sur tous les points où il faut cicatriser une plaie, et fermer une ouverture. Dès que l'inertie, ou la mort du parenchyme foliacée arrête l'évaporation, et par suite la nutrition dont cet organe est le siége, l'activité de la végétation prépare, par la subérisation des cellules située au point d'attache du pétiole avec la tige, la couche obturante destinée à fermer l'ouverture ou plaie, qui résulterait de la mort et de la disparition ultérieure du pétiole.

La couche circulaire de cellules subéreuses qui se forme d'abord autour du pétiole s'étend peu à peu par un accroissement centripéte et alors, en se rejoignant dans l'intérieur des tissus, ne tarde pas à isoler et à séparer complétement cet organe, ainsi que les faisceaux fibro-vasculaires qui le traversent, des couches corticales avec lesquelles il était en communication.

Le pétiole est ainsi isolé en réalité de la plante vivante, quoique y étant encore adhérent. En même temps, comme cette formation subéreuse continue à s'accroître à l'intérieur, le support de la feuille se trouve soulevé, entraîné au dehors

et en quelque sorte expulsé par l'accroissement centrifuge des des couches corticales (1).

On comprend maintenant comment la feuille morte se détache de l'arbre au moindre effort, et par l'effet même de son propre poids, ainsi que la formation du plan de scission de cet organe.

La chute des feuilles et leur dépôt sur le sol est un des phénomènes les plus importants au point de vue de la végétation, attendu que c'est par suite de la superposition et de la décomposition successive des feuilles mortes, que les substances inorganiques du sol deviennent assimilables par les végétaux, et que la production et la fertilité du sol peuvent s'accroître (2).

---

(1) La couche de tissu subéreux, constatée à la base du pétiole au moment de la chute des feuilles, a été considérée par M. Mohl comme la cause déterminante du détachement de cet organe ; c'est pour cette raison, qu'il lui a donné le nom de *couche séparatrice* (DUCHARTRE).

Le Dr Schacht explique la chute des feuilles, suivant l'espèce d'arbres: 1° par la mort subite d'une couche de cellules délicates situés dans l'articulation, mort occasionnée par une gelée nocturne ou par toute autre cause ; 2° par la cessation insensible de la circulation de la sève entre la feuille et la tige, qui est provoquée par une formation subéreuse dans l'articulation.

M. Ledeganck dit que c'est l'accroissement des couches péridermiques qui constitue la cause prédisposante de la chute des feuilles ; quand à la cause efficiente, il la trouve dans l'action du froid, qui contracte le tissu de la base du pétiole, spongieux, aéré, élastique a un degré beaucoup plus considérable que celui du coussinet (DUCHARTRE).

D'après M. E. Mer (*Bulletin de la Société botanique de France, Tome* XXII), la désarticulation d'une feuille ne se produit que grâce au concours de certaines circonstances anatomiques et physiologiques. Il faut d'abord qu'il y ait à la base une assise de cellules suffisamment actives pour donner naissance à une couche séparatrice, ensuite qu'il s'accumule à sa portée les matériaux indispensables à la formation de cette couche. Il est de plus nécessaire qu'une température trop rigonreuse ne paralyse pas l'activité cellulaire, enfin que les faisceaux fibro-vasculaires ne soient ni trop nombrenx ni trop résistant ; sans quoi ils pourraient retenir la feuille en place, même après la formation de la couche séparatrice.

(2) On a vu plus haut que la production foliacée des taillis était supérieure à celle de la futaie, et on pourrait en conclure que le régime des taillis est préférable, au point de vue de l'augmentation de la fertilité du sol. Il n'en est rien cependant : la futaie fertilise davantage le terrain, d'abord a cause du double étage de végétation (futaie et sous-bois) qui le couvre, ensuite parce que les détritus foliacés sont mieux maintenus sur la terre et que leur décomposition s'effectue à l'abri du vent et des influences atmosphériques, sans être contrarié par les exploitations périodiques et rapprochées du taillis, qui découvrent et dénudent trop souvent le sol.

La couverture du sol par les feuilles mortes, pendant l'hiver, a pour résultat, d'après une observation de M. Jœger, de maintenir la terre meuble et fine, ce qui constitue un ensemble de circonstances très-favorables pour le développement des plantes et la germination des graines (1). Le dépôt des feuilles mortes empêche aussi le refroidissement du sol, ainsi que son dessèchement par évaporation (2), et il est indispensable pour assurer la conservation et la bonne végétation des forêts (3).

---

(1) La couverture des feuilles mortes exerce sur le sol, d'après M. Ebermayer, une action protectrice égale à celle du couvert des arbres en massif ; si l'évaporation de deux sols nus est de 3 1/2 plus forte en plein champ que sous un couvert complet, la proportion double si le sol boisé est en même temps pourvu de sa couche naturelle de feuilles mortes. (Voir *Humus*), Livre III. Chapitre I. Section V.

(2) Si on tient compte de la tendance bien marquée des racines à se développer dans les sols les plus fertiles et les plus perméables, ainsi que de l'épuisement de la couche de terrain où les radicelles se forment et exercent leur action, on comprendra la nécessité de la défeuillaison des végétaux, afin de fertiliser la couche superficielle du sol. Sans l'apport annuel de ces substances végétales, la couche superficielle de la terre, où germent chaque année une quantité infinie de jeunes plants, aurait pu devenir improductive, tandis que les couches profondes, où pénétrent seules les racines des gros arbres, seraient restées fertiles.

(3) L'enlèvement des feuilles mortes a, d'aprés M. le Dr. Ebermayer, les conséquences les plus facheuses pour les forêts : voici l'analyse des conclusions du savant professeur sur cette question.

En privant le sol de la couverture qui l'abritait, il en résulte que, dans les forêts de montagne, l'eau, à la suite des pluies, s'écoule rapidement à la surface, entraînant tout ce qui se trouve sur son passage. La couche fertile disparait peu à peu, la roche nue se ravine, les ruisseaux et les cours d'eau inférieurs sont ensablés et débordent, recouvrant la plaine d'amas de terre, de pierrailles, de graviers et de sable. Les inondations ne doivent pas seulement être combattues par le reboisement, il faudrait avant tout maintenir la couche supérieure du sol.

..... Par l'enlèvement des feuilles, on prive la forêt des éléments nécessaires à la formation de l'humus. L'humus est d'une importance capitale : moins il est abondant, plus restreints sont les agents qui, par leur concours, assurent la fertilité du sol. La perméabilité et la porosité, la propriété d'absorber, de retenir et de s'assimiler les éléments nutritifs des plantes, contenus dans l'air ou dissous dans l'eau, sont proportionnels à la quantité d'humus.

..... Par les enlèvements de litière, le sol forestier, même le plus fertile, sera tout aussi sûrement épuisé, au bout d'un certain nombre d'années donné, que le serait une terre labourable sur laquelle on prendrait régulièrement une moisson sans lui restituer ni engrais ni amendement.....

Les terrains humides peuvent, avec moins de danger, être dégarnis que les terrains secs ; il en est de même des sables qui se trouvent au bord d'un cours d'eau, et qui conservent à peu de profondeur une humidité suffisante. Les sols

§ 6. *Effeuillaison.*

Puisqu'il est démontré que la nourriture, et par conséquent l'accroissement des arbres dépend de l'existence et du nombre de leurs organes foliacés, il devient évident que toute suppression de feuilles n'aura d'autre résultat que de ralentir la végétation, et le développement des plantes (1).

Il résulte en effet des expériences de M. Faivre, qu'en dépouillant un arbre de ses feuilles on diminue son flux séveux; la croissance en diamètre s'arrête (2) ainsi que le développement des branches, et les bourgeons se multiplient. L'effeuil-

---

superficiels sont plus rapidement épuisés que les sols profonds ; l'épuisement est plus rapide dans les vallées chaudes et profondes, ouvertes au sud qu'à l'exposition du nord..... L'enlèvement de litière est surtout nuisible sur les pentes sèches et brûlantes, naturellement pauvres en humus ; dans un peuplement incomplet ou principalement composé d'essences à lumière, qui donnent peu de couvert, ou même d'essences d'ombre, lorsque tous les massifs ayant atteint un certain âge commencent à se desserrer ; dans les jeunes peuplements enfin, et à l'âge où les arbres ont besoin pour leur croissance d'une grande quantité d'éléments minéraux (*a*).

..... Les bois, par suite de cette dénudation du sol, ont leur croissance retardée ; il en résulte une perte de volume. D'après la moyenne des recherches de Hundeshagen, Pagenstecher, Jager, Plienigen, 25 quintaux de litières sèches enlevés de la forêt causeraient une diminution équivalente à 3 stères. Dans un massif régulier de futaie, dans lequel on avait commencé à enlever des litières, vers l'époque où prenait fin l'accroissement en hauteur, pour continuer jusqu'à fin de la révolution, la perte de volume s'est élevée à 17 pour cent dans les circonstances les plus favorables, et a atteint jusqu'à 50 pour cent. M. le Pr Baur expérimenta en Wurtemberg que là où avait lieu l'enlèvement des litières l'accroissement moyen était diminué de 0.st 60 à 0.st 30 par stère, soit du tiers à la moitié. (d'Avexy — *Journal d'agriculture pratique — bulletin forestier 31 janvier 1878*). Voir infra livre III. Chapitre II. Section I. De la fertilité de la terre.

(1) Les expériences de MM. Corenwinder et Viollette ont prouvé que l'effeuillaison des betteraves diminue leur production en sucre et le développement de la plante.

(2) Féburier a constaté que des arbres dépouillés de leurs feuilles n'ont pas grossi. Le Dr Schacht s'est assuré que des pins, dont les feuilles avaient été dévorées par des chenilles, n'avaient point formé de couches, soit de bois, soit d'écorce.

(*a*) Cette opinion et ces conséquences ne sont pas admises par une partie des municipalités de l'arrondissement de Brignoles, ni par le conseil général du département du Var, qui prétendent : « que les feuilles mortes absorbent « la rosée et la pluie au détriment des racines qu'elles brûlent par leur fer« mentation. » — Extrait d'une résolution votée dans une réunion des Maires, en date du 21 Mars 1878, et des délibérations du Conseil Général, session Avril 1878.

laison compromet en outre la végétation des plantes, en mettant obstacle à la formation de nouvelles racines.

Après une effeuillaison, la production des feuilles nouvelles se fait de moins en moins abondamment ; les feuilles sont alors plus petites et moins découpées ; leur renouvellement complet dessèche l'intérieur de la plante et rend les rameaux plus grêles. Comme la reproduction des nouveaux organes foliacés se fait aux dépens de l'amidon mis en réserve dans l'écorce et le corps ligneux des arbres, il en résulte que la disparition de cette réserve et l'utilisation anormale de la matière amylacée destinée à la formation des bourgeons a pour résultat, non-seulement de fatiguer considérablement la plante au moment de l'enlèvement des feuilles, mais peut aussi, dans certains cas, compromettre la végétation de l'année suivante (1).

Section II. — Des racines (comme organes de nutrition).

§ 1er. — *Organisation. — Fonctions.*

Les racines des végétaux ligneux ont une double fonction qui consiste à les fixer au sol, et à fournir à la plante une partie des éléments nécessaires à son développement (2) ; on examinera plus loin les relations des racines comme *organes de soutien.*

Le milieu dans lequel croît un végétal influe non-seulement sur le développement matériel des racines, mais encore sur leur rôle physiologique ; ainsi il est aujourd'hui démontré, d'après les expériences de M. Sachs, que les racines produites dans l'eau ne remplissent plus leurs fonctions, lorsqu'elles se trouvent en contact avec la terre, et réciproquement. On comprend donc tout l'avantage qu'il y a, pour le succès des transplantations, de mettre les jeunes plants dans des conditions semblables à celles du terrain où ils ont pris naissance.

---

(1) Puisque l'enlèvement des feuilles empêche le développement du bois, on ne devrait récolter les organes foliacés, destinés à la nourriture des bestiaux ou des insectes, que lorsque le bénéfice qu'on peut retirer de cette pratique est supérieur à celui que donnerait la vente des produits ligneux.

(2) Le Lierre présente un exemple remarquable de ces deux fonctions séparées ; les crampons qui fixent ce végétal sont des racines inactives servant seulement comme organes de fixation, tandis que les véritables racines absorbantes se développent dans le sol. Suivant les conditions de végétation, les crampons du lierre peuvent passer à l'état de racines absorbantes.

L'absorption des liquides indispensables à l'existence et à la végétation des plantes n'a généralement lieu que par les racines, et elle s'effectue par voie d'endosmose ; ce phénomène très important est en partie déterminé par l'évaporation des feuilles, qui concentre la solution du suc sèveux et en augmente ainsi la densité.

Au point de vue de la nutrition proprement dite et de l'absorption des substances minérales et inorganiques, le rôle des racines paraît diminuer d'importance, lorsqu'on examine la proportion de ces éléments. Ces derniers, constituant les cendres, n'entrent en effet que pour 3 p. °/₀ dans la formation ligneuse, tandis que les autres substances présentent en moyenne les proportions suivantes : acide carbonique 47 p. °/₀, oxygène 43 p. °/₀, hydrogène 6 p. °/₀ et azote 1 p. °/₀. Mais il faut ajouter, qu'en tenant compte de la production des fruits et semences, la proportion de ces substances varie, et que pour l'azote en particulier, dont le mode d'assimilation est encore incertain, les quantités fixées sont souvent beaucoup plus considérables.

L'absorption des éléments minéraux et inorganiques, par les racines, paraît s'effectuer par voie de diffusion (1).

On sait que les racines absorbent presque indifféremment tous les éléments liquides ou les matières minérales, même nuisibles, en contact avec elles. Néanmoins, le fait de l'existence de plantes de compositions très-différentes, vivant et prospérant à côté les unes des autres dans un même sol, où toutes les racines puisent chacune les éléments divers qui leur sont nécessaires ou mieux appropriés, tendrait à faire admettre, pour ces organes, un certain pouvoir électif, sur lequel on n'est pas encore bien fixé (2).

---

(1) Les racines absorbent par dialyse ou par diffusion les substances fertilisantes à l'état de dissolution, ou bien à l'état solide, lorsqu'elles sont susceptibles de se dissoudre dans le suc végétal dont la radicelle est remplie. (GRANDEAU).

Mais, d'aprés M. Corenwinder, les racines n'aspirent pas dans le sol l'acide carbonique, à l'état de gaz.

(2) Les racines vont quelquefois chercher une couche de bonne terre, située à une certaine distance et renfermant des éléments assimilables : la force et la sûreté de direction qu'elles manifestent, dans ces circonstances, feraient presque croire à l'existence, chez ces organes, d'une sorte d'instinct ou de sensation inexplicable, alors surtout que pour arriver à leur but, elle traversent parfois des fissures de rochers ou des terrains stériles. De pareils faits sem-

L'absorption des sucs nourriciers s'effectue par toutes les portions latérales des fibres radicales ou radicelles, uniquement formées de tissus cellulaires ; ces parties sont ordinairement recouvertes de poils très-fins, qui paraissent même être les organes spéciaux de cette fonction. L'extrémité des radicelles ou du chevelu est terminé par une couche ou calotte de tissus subéreux inerte, paraissant seulement destinée à préserver ou à garnir la partie vivante de cet organe, afin de lui permettre de pénétrer vigoureusement, et sans risques, dans l'intérieur du sol, ce que n'aurait pas pu faire un organe délicat.

Comme les racines se couvrent, en vieillissant, d'une écorce qui empêche alors toute absorption, il s'en suit que cette fonction ne peut être exercée que par les jeunes racines (radicelles ou chevelu), se développant chaque année (1). Le chevelu se montre au printemps en même temps que les bourgeons, et ces deux productions paraissent concomittantes (2).

---

blent de nature à faire reconnaître aux racines une importance, et une faculté essentielle comme organes d'alimentation ; mais comme leur suppression entraîne très-rarement la mort du végétal, il semble plus rationnel d'admettre que les racines peuvent servir alternativement et indistinctement comme organe de support et de nutrition. Leur aptitude à cet égard paraît ne se développer qu'au contact, ou à proximité des terrains fertiles.

(1) Le chevelu est-il annuellement caduc comme les feuilles ? Cette question est controversée, et plusieurs auteurs soutiennent que le chevelu proprement dit n'est pas caduc, mais que chaque année, un nouveau chevelu et de nouvelles radicelles se développent et se multiplient autour et à la suite des anciennes racines et radicelles lignifiées. Les difficultés de l'expérience directe n'ont pas encore permis de résoudre ce problème. De même que, suivant les circonstances des feuilles caduques persistent sur un arbre, peut-être aussi la persistance du chevelu sur certaines racines a-t-elle pu faire admettre l'opinion de la persistance absolue de cet organe, qui, dans tous les cas, se rajeunit à chaque printemps. D'après M. Duchartre, les fibrilles du chevelu ne tombent pas ; les seuls organes caducs des racines seraient les poils radicaux et les écailles de la pilorhize. Ces poils radicaux disparaissent des racines qui se lignifient, et manquent pendant que la végétation est suspendue ; mais il s'en forme de nouveaux au printemps, lorsque les plantes sont en activité.

Les poils radicaux semblent donc réellement les organes caducs des racines, et pourraient être considérés, pour cette partie des plantes, comme des appendices correspondants aux feuilles des branches.

(2) Dans une bouture, les racines se développent en même temps que les bourgeons. On sait qu'une branche mise en terre pousse des racines, et qu'une racine mise à l'air émet des feuilles ; les feuilles et le chevelu des racines semblent être en relation très-directe, puisque l'effeuillaison, qui arrête l'évaporation et l'absorption, arrête aussi le développement du chevelu, qui tombe ou se lignifie.

Lorsque les racines sont coupées, ou recouvertes d'une écorce ou couche subéreuse, elles ne fonctionnent plus comme organe direct de nutrition, puisqu'elles n'absorbent plus rien. Elles émettent alors de jeunes racines secondaires ou adventives, qui se font jour à travers la couche inerte, et dont l'extrémité donne naissance à des radicelles, qui fonctionnent ensuite, tant que leur tissu ne s'est pas subérisé à son tour.

L'absorption des racines ayant son siége à l'extrémité des radicelles, qui occupent principalement une zône assez éloignée du pied de la plante, on comprend que c'est à une certaine distance de la tige qu'il faut mettre les engrais et pratiquer les binages et les arrosages (1), pour les rendre plus efficaces.

La délicatesse et la sensibilité des organes radiculaires d'absorption suffisent pour expliquer les mesures de précaution à prendre, afin de conserver leur vitalité, dans toutes les circonstances, et surtout lors des transplantations tardives, c'est-à-dire faites après l'ouverture des bourgeons.

On ne doit pas oublier que l'équilibre, entre les fonctions des racines et celles des organes aériens, est la condition essentielle de la bonne végétation des arbres, et que dès lors si, pour une raison quelconque, la faculté d'absorption des racines est diminuée, il convient de réduire dans la même proportion, soit par suppression, ou de toute manière, l'activité de la respiration et de l'évaporation dont les feuilles sont le siége. C'est pour cela que l'on taille, ou que l'on récèpe les jeunes plants transplantés, mais cette ablation serait probablement aussi utile, si, au lieu de comprendre les rameaux, elle portait seulement sur les organes foliacés, siége de l'évaporation.

Les expériences d'Ohlert ont prouvé que les racines s'allongent, non pas par leurs extrémités même, mais par un seul point végétatif (2), situé tout près de cette extrémité ; on comprend alors que toute racine coupée, dont le point végétatif a été enlevé, ne pouvant plus s'allonger, est obligée, pour continuer à fonctionner, d'émettre de nouvelles radicelles adventives.

---

(1) La nature semble se conformer à ce principe, puisque par l'imbriquation du feuillage elle rejette à la circonférence extérieure la plus grande partie de l'eau de pluie qui tombe sur les arbres ; c'est également sur la zône externe que tombe la majeure portion des feuilles mortes.

(2) Le point végétatif, couvert de poils radicaux, est également le principal siége de l'absorption des substances que les racines puisent dans le sol.

Comme l'absorption des liquides se fait seulement par les poils radicaux et les radicelles, on peut facilement admettre que ces organes sont en relation directe avec la force végétative de chaque individu et le milieu où ils se développent, c'est-à-dire que le chevelu est d'autant plus abondant que les organes foliacés sont plus développés et le terrain plus meuble.

Les racines n'excrètent aucune des matières absorbées, et ne sont le siége d'aucune secrétion spéciale. Cependant comme certaines substances minérales, et principalement les roches calcaires sont attaquées et décomposées par suite du contact des radicelles, il faut bien en conclure que ces organes ont la faculté d'émettre, ou d'exhaler du gaz acide carbonique qui provoque cette décomposition, à moins de l'attribuer à l'acidité de la sève en contact avec ces roches, à travers les tissus.

Les racines ont besoin d'air, non pas qu'elles respirent à la façon des organes aériens (1) (l'absence des stomates ne permet pas cette hypothèse), mais parce que les tissus vivants du point végétatif ne peuvent se développer que sous l'influence de l'oxygène de l'air, nécessaire à la formation ou à la transformation des cellules, Lorsque par suite d'une circonstance quelconque l'oxygène manque aux racines, l'activité vitale du point végétatif s'arrête et, par la même raison, l'absorption, qui a surtout lieu par les jeunes tissus, tend à se ralentir ou à cesser ; dans ces conditions, le végétal ne recevant plus la nourriture souterraine nécessaire à son développement souffre, et finit par mourir.

On s'explique ainsi l'état de dépérissement des arbres des promenades, dont le sol piétiné, et tassé à l'intérieur, devient imperméable à l'air, ainsi que ceux dont les racines se trouvent, par une circonstance quelconque, trop profondément enterrées, ou qui sont situées dans un milieu privé d'oxygène ; tel est le cas des arbres trop rapprochés d'une fuite de gaz d'éclairage (2), ou bien plantés dans un terrain trop humide, tourbeux ou marécageux.

La chaleur favorise l'absorption des racines, soit par suite de l'activité de l'évaporation des feuilles, soit par toute autre cause non encore bien déterminée. Les racines ne commencent en effet à fonctionner que lorsque le sol, jusqu'à une profon-

(1) M. Deherain pense que les racines des plantes respirent à la façon des feuilles, mais plus faiblement, puisque l'absorption d'oxygène, effectuée par les racines, ne donne lieu qu'à un faible dégagement d'acide carbonique.

(2) L'orme est surtout très-sensible à l'action du gaz d'éclairage.

deur moyenne de 0 m 35 c., s'est échauffé à une température suffisante et spéciale, pour chaque essence ; elles cessent d'agir lorsque le refroidissement amène l'abaissement de cette température. D'après M. Sachs, la faculté d'absorption des racines est suspendue lorsque la température du sol descend au-dessous de 5 degrés (1).

Les racines sont plus sensibles au froid que les organes aériens. M. Hugo Mohl a constaté, à cet égard, que les racines de frêne avaient gelé par un froid de — 16° 25 ; que celles des cerisiers et des pommiers souffraient d'une température de — 6° 25 ; que les racines de chêne ou de hêtre ont péri à — 14°, tandis que les branches de ces deux essences peuvent supporter impunément un froid de — 25 degrés (2).

§ 2. *Enracinement.*

Le mode d'enracinement, très-variable pour chaque espèce d'arbre, présente en outre des différences notables, suivant la nature et la qualité du sol ; ainsi les racines qui restent courtes dans un terrain dur, compacte et maigre, s'allongent au contraire beaucoup dans une terre perméable et fertile.

Comme les racines croissent par leur extrémité, en se dirigeant vers la terre (3), il en résulte que d'une part la radicule ou pivot central a une tendance manifeste à s'enfoncer perpendiculairement dans le sol, tandis que les racines secondaires et latérales doivent se développer horizontalement.

---

(1) Comme le maximum de densité de l'eau se produit à 4 degrés, on ignore encore si la suspension de l'absorption des racines dépend de ce phénomène, ou bien s'il doit, par exemple, être attribué à la contraction des cellules et à leur rigidité par suite du froid.

Le degré de froid susceptible d'arrêter l'absorption des racines varie probablement suivant les espèces d'arbres, mais les expériences à ce sujet font défaut.

(2) L'ameublissement du terrain par le binage, ou la conservation sur le sol de la couche de feuilles mortes, peuvent, dans certains cas, influer considérablement sur la conservation et la végétation des arbres, en garantissant leurs racines contre l'action du refroidissement.

(3) On ne connait pas encore la cause réelle de la fixité avec laquelle les racines et la tige aérienne se dirigent en sens inverse ; la racine vers le centre de la terre et la tige vers le zénith. Quoique inexpliqué, le fait de la direction des racines vers la terre n'en est pas moins à peu près général chez tous les arbres : néanmoins on a constaté que la présence de l'humidité, ou d'un terrain fertile exerçait sur les racines une espèce d'attraction spéciale, qui, dans bien des cas, les fait dévier, et leur fait prendre une direction horizontale ou même verticalement remontante.

Suivant leur caractère prépondérant, les racines ont été divisées en pivotantes ou traçantes, quoique ces types soient rarement bien tranchés, et qu'un certain nombre de végétaux présentent les deux caractères réunis, et même toutes les directions possibles intermédiaires entre ces deux termes.

1° Racines pivotantes.

Les racines qui s'enfoncent profondément dans le sol ne peuvent se développer que dans les terrains profonds, divisés et perméables.

Le rôle de ces organes, dans les couches souterraines (1), paraît assez discutable, au point de vue de la nutrition, parce que à cause de la faculté que possède la terre de fixer et de retenir les matières fertilisantes tenues en suspension dans l'eau, les éléments nutritifs des plantes se trouvent principalement distribués dans la couche superficielle arable. L'expérience prouve en effet que la quantité de substances assimilables par les végétaux, et renfermée dans la terre, diminue au fur et à mesure que l'on s'enfonce plus profondément dans le sol.

Les éléments de nutrition absorbés par les racines pivotantes et profondes sont donc peu considérables; ce qui concourt encore à prouver le peu d'importance de ces racines, au point de vue de l'alimentation des plantes, c'est que leur suppression peut s'effectuer impunément.

Néanmoins, comme un développement organique de ce genre ne peut pas s'effectuer sans but et sans cause, il est permis de supposer, d'abord que les racines ne pivotent et ne s'enfoncent que par suite de l'état de division et de perméabilité du sol, et qu'elles remplissent principalement, dans ce cas, le rôle d'organe de soutien, en absorbant, cependant la faible quantité de substances assimilables que le sol peut renfermer, ou qui se décompose à leur contact. A défaut, et si les racines pivotantes peuvent avoir une fonction réelle et spéciale, au point de vue de la nutrition, ce ne peut être alors que celle de procurer au végétal une certaine quantité d'humidité, qui se rencontre effectivement presque toujours en plus grande abondance dans les couches inférieures du sol.

---

(1) Les racines qui s'enfoncent profondément dans le sol se trouvent, par suite, privées d'air, et cette circonstance doit ralentir considérablement l'exercice de leurs fonctions d'absorption.

Les arbres dont les racines présentent ce genre de développement (1), conviennent donc principalement aux terrains divisés, aux plaines et aux vallées, et réussissent très-bien dans les terrains d'alluvion, généralement profonds et fertiles ; ils ne redoutent pas les terres sèches, parce que les radicelles trouvent toujours l'humidité qui leur est nécessaire dans les couches profondes du sol.

2° Racines traçantes.

Les organes radiculaires des arbres n'affectent le plus souvent la direction réellement traçante, que par suite de circonstances particulières, telles que suppression du pivot central, sous-sol rocheux et impénétrable, couche superficielle très-fertile et très-fraîche ; ces diverses conditions ont pour conséquences de favoriser considérablement le développement des racines latérales secondaires. Il faut cependant peut-être excepter les racines drageonnantes qui, à cause de cette propriété spéciale, se développent plus particulièrement dans la couche superficielle du sol (2).

Les arbres à racines traçantes (3) se contentent de terrains peu profonds. Comme leurs racines puisent leur nourriture dans la couche supérieure de la terre, ils redoutent la sécheresse ; ils ont par conséquent besoin de croître en massif pour conserver un peu de fraîcheur sous leur ombre, mais sans cependant être trop serrés, afin que leurs racines ne se gênent pas. Les flancs des montagnes, les terrains rocheux et divisés présentent des conditions très-favorables pour la croissance des arbres de cette catégorie.

---

(1) Les arbres à racines pivotantes sont les suivants : chêne rouvre, chêne pédonculé, châtaignier, micocoulier, sorbier, sapin, pin laricio, etc.

(2) La faculté de drageonner ne se manifeste que sur les racines traçantes, c'est-à-dire sur celles qui se trouvent exposées aux influences atmosphériques. Or, comme les arbres qui drageonnent ont en même temps des racines profondes, qui ne jouissent pas de cette faculté, on peut se demander si les racines se rapprochent de la superficie du sol pour drageonner, ou bien si l'émission des drageons n'est pas plutôt le résultat fortuit de ce que les racines superficielles ressentent, mieux que les racines profondes, les influences de la chaleur et de la lumière. On sait d'ailleurs que toutes les racines exposées à l'air ont la propriété de bourgeonner ; il faut remarquer en outre que les racines traçantes ne drageonnent que lorsqu'elles se trouvent dans certaines conditions favorables, et que les drageons paraissent principalement sur les racines dont l'écorce est jeune, mince et fraîche.

(3) Les principaux arbres à racines traçantes sont les suivants : acacia, hêtre, charme, mérisier, tremble, pin d'Alep, saule, bouleau, aune, etc.

Les végétaux aquatiques, croissants au bord des eaux ou dans les sols marécageux, ont en général les racines traçantes, longues et grêles ; mais à cause de leur station spéciale, ils n'ont pas à craindre la sécheresse, et n'ont pas besoin d'être élevés en massif. Leur feuillage léger donne peu d'ombre (1).

Certains végétaux ont des racines étalées, ce qui représente le type extrême des racines traçantes, mais cette variété n'a pas de représentant parmi les arbres indigènes (2). Les essences à racines courtes et nombreuses se plaisent en général dans les sols légers et ne sont pas exigeantes sur le degré de fertilité du terrain.

3° Racines pivotantes et traçantes.

La majeure partie des arbres, loin de présenter des caractères bien tranchés relativement à la direction des racines, offre au contraire un système mixte de pivot ramifié avec des racines secondaires ou latérales s'éloignant plus ou moins du tronc, et dont les ramifications sont tantôt superficielles et tantôt profondes. Les arbres de cette catégorie (3) n'ont pas alors des conditions de végétation bien caractérisées, relativement aux exigences des racines. Ils peuvent par conséquent, sous ce rapport, réussir dans presque tous les sols et toutes les situations, puisque leurs organes souterrains se plient à toutes les circonstances, et ont la faculté de se développer dans les couches de terrain présentant les conditions les plus avantageuses pour la conservation et la croissance du végétal.

L'espace dans lequel les racines d'un végétal s'étendent influe considérablement sur son développement ; jusqu'à présent aucune expérience directe (4) n'a pu faire déterminer, pour

(1) Les arbres croissants aux bords des cours d'eaux, à racines faibles et traçantes sont les suivants : aune, saule, peuplier et tremble.

(2) Le palmier, dont les racines sont étalées, présente le genre d'organisation correspondant à cette disposition : tige unie, houppier peu volumineux, arbre résistant à la chaleur et à la sécheresse.

(3) Les essences principales à racines pivotantes et traçantes sont les suivantes : cèdre, pin sylvestre, mélèze, épicéa, pin maritime, chêne yeuse, chêne liége, orme, érable, frêne, tilleul et alisier.

(4) Cette expérience présenterait des difficultés sérieuses, parce que, dans certains cas, les racines des arbres se mélangent et s'anastomosent, mais elle n'est pas impossible. Des expériences faites sur le turneps ont démontré qu'il fallait à cette plante, pour son développement complet, un cercle de 1 m 33 de diamètre, soit une surface de 1 m. c. 37.

les grands végétaux ligneux, la surface ou le volume de terrain nécessaire pour l'extension moyenne ou complète des racines. La corrélation des branches avec les racines permet de supposer que, dans les conditions ordinaires de terrain et de fertilité, les racines s'étendent dans le sol sous toute la projection du couvert de l'arbre.

L'ensemble des organes radiculaires, qui constitue la souche d'un arbre, subit différentes modifications, suivant l'âge du végétal. Chez les vieux arbres de futaie, lorsque le centre de la tige devient, soit par décomposition ou incrustration (1), impropre à l'ascension des liquides, le pivot central, correspondant à l'axe du végétal, meurt et disparaît, de telle sorte qu'il ne reste plus alors que les racines latérales. Dans les arbres exploités en taillis, comme la souche ne produit des jeunes rejets que par les jeunes tissus de la circonférence, le centre se décompose, et le pivot disparait également ; il s'en suit que bien souvent les brins d'une cépée sont disposés circulairement autour de la place occupée jadis par l'ancien tronc. Ces cépées ont alors des racines en partie traçantes et en partie pivotantes.

CHAPITRE IV.

Organes de reproduction.

Section I. — Des Bourgeons.

Les bourgeons, premiers indices de la végétation, sont des organes qui, sur la tige mère, reproduisent le végétal complet (2). Les bourgeons dits normaux apparaissent naturellement chaque année à l'aisselle des feuilles, ou à l'extrémité de toutes les branches, mais, suivant diverses circonstances, les

(1) L'afflux de la résine produit ce résultat chez le pin sylvestre, qui perd son pivot d'assez bonne heure.

(2) Il se produit sur les racines des plantes plusieurs espèces de bourgeons donnant naissance, tantôt à des drageons ou rejets qui forment alors une nouvelle plante, tantôt à une racine latérale et tantôt à une bulbe ou caïeu reproduisant le végétal Certains bourgeons, après leur séparation de la tige-mère, ont la faculté de se développer et de continuer leur évolution, lorsqu'ils sont transportés sur un autre végétal : c'est ce phénomène qui constitue la greffe.

plantes ont aussi la faculté d'emettre des bourgeons dits adventifs et proventifs, se développant sur divers points de la tige. La taille des branches, la suppression des feuilles, le pincement sont les procédés employés en horticulture pour donner lieu à cette production ; l'isolement subit des arbres venus en massif est aussi une cause d'émission de bourgeons proventifs(1), qui se manifeste principalement, dans ce cas, sur les portions du végétal nouvellement exposés à l'action directe de la lumière et de la chaleur solaire. Les bourgeons adventifs naissent plus spécialement sur le bourrelet qui se forme, quand le corps ligneux a subi une lésion quelconque.

Après la coupe de la tige, des bourgeons proventifs se développent sur presque tous les points de l'écorce de la partie supérieure de la souche ; mais chez quelques essences à bois tendre, il se forme souvent, entre le bois et l'écorce, un bourrelet qui donne alors naissance à des bourgeons adventifs.

Les bourgeons sont solitaires ou multiples suivant leur nature ou leur point d'insertion ; dans ce dernier cas, un de ces organes reste le plus souvent sans prendre aucun développement, excepté s'il y a avortement des premiers bourgeons, ou si l'arbre est taillé.

D'après le Dr Sachs, le développement plus ou moins rapide des bourgeons doit être attribué à l'état de turgescence des tissus, ainsi qu'à la concentration, vers ces points vitaux, des divers éléments assimilables, entraînés avec les liquides absorbés par les racines, dès les premières chaleurs du printemps.

Les bourgeons présentent cette particularité de donner parfois seulement naissance à un rameau feuillé. Ces organes sont, dans ce cas, généralement peu épais, grêles, effilés et pointus ; ils sont dits foliifères. D'autre fois, ils ne produisent que des fleurs ; ils sont alors courts, renflés, trapus et on les appelle florifères.

Lorsque ces organes produisent des rameaux feuillés et fleuris, ils sont alors mixtes et leur forme est variable, c'est-

(1) L'émission des bourgeons proventifs qui se manifeste sur le tronc des arbres de réserve, après l'exploitation des taillis, est souvent une cause de dépérissement pour les branches de la cime et d'un trouble général dans la circulation des sucs élaborés, ce qui peut amener la mort des arbres. Dans ce cas, il est très-avantageux de supprimer ces bourgeons gourmands, plutôt nuisibles qu'utiles.

à-dire qu'il sont plus ou moins gros ou effilés. On peut, d'après ces indices, apprécier, jusqu'à un certain point, l'aspect prédominant de la production végétale annuelle d'un arbre.

Les bourgeons présentent un autre genre de caractère important ; ils sont tantôt nus et tantôt recouverts d'une enveloppe protectrice formée d'un tégument écailleux, destiné à abriter les organes naissants.

Les bourgeons hâtifs ou nus sont quelquefois détruits par les gelées printanières, ce qui arrête par suite le développement de la plante. On peut, jusqu'à un certain point, déterminer le climat et la température convenable à chaque essence, d'après la précocité de la végétation des bourgeons, l'épaisseur des téguments, et leur action préservatrice contre le froid.

Les arbres dont les bourgeons sont nus et précoces, ne peuvent jamais prospérer dans une localité où l'hiver est rigoureux et les gelées printanières fréquentes. On a cru remarquer que les essences rustiques ont un gros bourgeon terminal, porté à l'extrémité d'un rameau d'assez fort diamètre.

Lorsque les végétaux ont des bourgeons spéciaux pour les feuilles et pour les fleurs et les fruits, on doit attacher plus d'importance aux caractères de ces derniers, attendu que le climat, ou la station véritable d'une plante est celle où se trouvent les conditions les plus favorables à sa fleuraison et à sa fructification, en vue d'assurer sa régénération et sa propagation.

Comme ces organes ne se développent que sous l'influence de la lumière, les bourgeons proventifs, situés dans l'intérieur du houppier, ne peuvent donc faire leur évolution que si le feuillage de l'arbre est léger ; d'un autre côté, comme le couvert, ou l'ombre produite par la cime d'un arbre dépend, en quelque sorte, du nombre de bourgeons qui s'ouvrent, on voit qu'il y a une certaine corrélation entre la végétation et le tempérament de chaque essence. Lorsque les bourgeons intérieurs se développent, c'est une preuve qu'ils ne redoutent pas l'ombre ; le couvert devient alors plus épais, et on peut en conclure que l'essence est à tempérament délicat, c'est-à-dire qu'elle a besoin d'abri, ou redoute l'action directe du soleil. Si au contraire les bourgeons situés sur les branches ne peuvent pas se développer, à cause de l'ombre produite par les feuilles provenant de bourgeons normaux, le

couvert reste léger, et on peut en conclure que l'essence a un tempérament robuste et redoute tout abri.

D'après M. A. Mathieu, professeur à l'Ecole forestière, les bourgeons proventifs du chêne vivent longtemps, 50 ans et même davantage ; chez les hêtres, ils cessent de croître vers 30 à 40 ans, et chez les bouleaux ils vivent peu de temps.

Section II. — Fleuraison. — Fructification.

§ 1. — *Des Fleurs et des Fruits.*

Les fleurs ne sont que des feuilles modifiées (1), dans le but de produire les fruits, ainsi que les semences destinées à la reproduction du végétal.

Puisque chaque espèce de feuille élabore les sucs spéciaux et nécessaires à chaque plante, il est facile de comprendre que le même organisme transformé en fleur, dont la fonction est de fournir une semence et un germe féconds, ne peut réunir et condenser dans la graine que les mêmes éléments élaborés. Après la germination de la semence fécondée, la jeune plante, trouvant alors dans les cotylédons ou l'albumen de la graine les mêmes principes qui, sous l'influence de la végétation, ont produit les différents organes de la tige-mère, ne peut, sous l'influence de la même force, que donner les mêmes productions.

Voilà pourquoi les graines de chaque plante reproduisent identiquement le bois, les racines, les bourgeons, les feuilles, les fleurs et les fruits du végétal qui leur ont donné naissance, et ainsi de suite, tant que les conditions qui président à la formation des graines ne sont pas modifiées (2).

---

(1) Les organes de végétation et de fructification, très-intimement unis chez les végétaux agames, commencent à se séparer chez les cryptogames, mais ce n'est que chez les monocotylédones que la dépendance mutuelle de ces deux genres d'organes commence à être moins marquée, et elle ne cesse complétement que chez les plantes dicotylédones. D'après A. Brongniart (*Végétaux fossiles*), les organes de la végétation sont d'autant plus intimement liés à ceux de la fructification, qu'on les observe dans les classes plus inférieures, et les organes de la fructification isolés sont d'autant plus propres à donner des notions précises sur l'ensemble des caractères d'un végétal, que ce végétal appartiendra à une classe plus parfaite.....

(2) Cette perpétuité dans la reproduction constitue l'espèce. La variété naturelle se forme, lorsque une influence du milieu, dans lequel le végétal se développe, modifie un organe, et que cette modification a pris une certaine fixité, sous la continuation des circonstances qui lui ont donné naissance. La variété

Si la feuille est l'organe principal de la nutrition, la graine ou le fruit est le résultat le plus important de la végétation, puisqu'il a pour conséquence la reproduction du végétal lui-même.

La fructification peut donc, jusqu'à un certain point, servir de criterium absolu, pour connaître si chaque plante se trouve complétement dans ses conditions normales d'existence.

La production des fleurs et des fruits est soumise à la loi générale d'harmonie et de compensation des organes. L'accroissement exagéré des organes de la végétation (branches, feuilles) s'effectue ordinairement aux dépens des organes de la reproduction qui, dans ce cas, ne se développent pas, ou restent stériles. Par contre, lorsque la fleuraison ou la fructification sont trop abondantes, et si la plante ne trouve pas dans la fertilité du sol des aliments suffisants pour entretenir cette fécondité, il y a alors résorption, au profit des fruits, des éléments contenus dans les organes foliacés, qui se flétrissent et tombent. Toutes les ressources du végétal sont, dans ce cas, employées au développement et à la maturation des semences (1).

« Dès que la fleur est épanouie et que les graines se déve-
» loppent, dit M. G. Ville, l'accroissement de la plante se ra-
» lentit d'abord, et bientôt s'arrête complétement ; la plante
» n'absorbe plus alors des matières inorganiques du sol, elle

---

artificielle, c'est-à-dire l'hybridation, se produit lorsqu'on féconde un germe d'une espèce ou d'une variété avec le pollen d'une autre espèce, ou d'une autre variété : la graine germe, mais la nouvelle plante offre sur quelques-unes de ses parties la preuve de cette fécondation artificielle.

Cette trace ou marque, presque toujours superficielle, et qui n'a pas altéré ou modifié l'individualité de la plante, disparaît assez souvent à la première génération, dont les produits retournent au type de l'espèce ou de la variété fixée par l'influence du milieu.

(1) Lorsque l'absorption des feuilles ne fonctionne plus, et à la dernière phase de leur existence, les matières qu'elles renferment servent d'aliment aux graines en voie de formation. D'après les observations de M. I. Pierre, à l'approche de la maturité des semences, on constate dans les feuilles supérieures une diminution dans la proportion de la quantité des matériaux constitutifs des feuilles. Cette diminution est moindre dans les feuilles basses qui renferment moins d'humidité.

Parmi les éléments des feuilles, les uns, tels que l'azote, l'acide phosphorique et la potasse vont en diminuant, parce qu'ils sont employés au développement des graines, tandis que les autres, tels que la chaux et la silice, inutiles à cette formation, vont au contraire en augmentant.

» vit sur elle-même, pour assurer l'organisation de l'embryon » et de la graine. »

Les fleurs se montrent presque toujours à la cîme ou à la circonférence externe du houppier, et à l'extrémité des branches formées les dernières (1), c'est-à-dire aux points les plus exposés à la lumière et à la chaleur. C'est en effet la lumière directe, et surtout la chaleur du soleil (2), qui permettent seules aux végétaux de réunir, et en quantité suffisante, les éléments nécessaires à la production des fleurs et des fruits.

D'autre part, comme ces matériaux s'élaborent dans les feuilles, il en résulte que l'ombre et le couvert, en privant les plantes des influences de la lumière et de l'électricité (3), sont nuisibles à ces productions, qui rencontrent au contraire des

---

(1) Dans certaines plantes herbacées, les fleurs mâles paraissent les premières, puis lorsque la plante a pris tout son développement, les fleurs femelles se montrent à l'extrémité des dernières pousses, et par conséquent à la circonférence externe du végétal, dont la tige va en se ramifiant. Chez certaines plantes composées, graminées et autres, les organes femelles se trouvent au contraire au centre de la fleur (épi, ombelle, chaton), qui est le dernier terme de leur évolution. Chez certains arbres, le caroubier par exemple, les fleurs femelles ne se développent que sur le bois des grosses branches intérieures.

(2) Le froid empêche la fructification, soit en ralentissant la végétation, soit en détruisant les germes des fleurs et des fruits. M. Bouchardat prétend que des gelées printanières successives auraient pour résultat de diminuer, ou même de faire avorter les pépins dans les fruits à noyaux.

D'après une remarque de Knigt, rapportée par Liedley, la chaleur favorise la production de fleurs mâles, dans les plantes dioïques.

De cette observation, on en a conclu que l'élément mâle pourrait être le résultat d'une maturation plus achevée des organes; l'identité fondamentale des étamines et des pistils serait de nature à justifier cette hypothèse.

L'émission d'odeurs par les fleurs au moment de leur épanouissement, par certaines feuilles et par différents fruits constitue un phénomène dont le but final est encore diversement expliqué. Le parfum des fleurs attire sans doute les insecte auxiliaires précieux, et souvent indispensables, pour la fécondation des végétaux, mais il résulte aussi des expériences de M. Tyndall, sur la chaleur, que les parfums, en diminuant la transparence de l'air, lui permettent ainsi d'absorber de la chaleur. Or comme cet échauffement de l'air est de nature à favoriser la végétation des plantes au moment de la fleuraison et de la fructification, on peut alors comprendre toute l'importance de ce phénomène. Cette observation explique enfin la chaleur souvent étouffante de l'air saturé du parfum des plantes.

(3) Il résulte des expériences de M. Grandeau (*Cours d'agriculture à l'école forestière*) que l'électricité joue un rôle assez important dans la végétation, et principalement dans les phénomènes de fleuraison et de fructification. Dans une plante soustraite à l'influence électrique, le nombre des fleurs et des fruits diminue de 40 à 50 pour cent.

conditions très-favorables dans la situation des arbres isolés.

Une légère humidité constitue une circonstance avantageuse pour la fructification, parce qu'elle favorise la fécondation (1) des graines, qui est cependant contrariée par la pluie.

Le vent aide beaucoup à la fécondation des fleurs par la dissémination du pollen.

On peut presque admettre comme axiome, que tout arbre sain et vigoureux, ayant atteint l'âge de la reproduction, doit porter des fruits ou semences tous les ans ou tous les deux ans, à moins de circonstances particulières qui, en contrariant les forces naturelles de la végétation, tendraient à prouver que ce végétal n'est pas dans un milieu (terrain ou climat) convenable, et approprié à ses conditions d'existence.

La fructification emploie une grande quantité de suc ou sève élaborée. Aussi les arbres ne portent-ils des semences que lorsque cette substance n'est plus utilisée pour leur accroissement ligneux (2), c'est-à-dire lorsqu'ils ont atteint leur dimension moyenne, ou bien lorsque, par suite du développement des organes foliacés et de la fertilité du sol, l'élaboration de la sève est excessivement abondante (3).

---

(1) D'après M. Duchartre (*Eléments de botanique*) la sécheresse exerce une influence déterminante sur la production des fleurs, tandis que l'humidité favorise la production des feuilles. D'après le même auteur, une forte chaleur accompagnée d'humidité abrège le temps variable et nécessaire pour que le tube pollinique arrive du stignate à l'ovule (*a*).

(2) On a observé, dans le Gard, que le chêne vert écorcé sur pied au mois de mai, et se trouvant par conséquent dans l'impossibilité absolue de former une couche ligneuse, se met immédiatement à fructifier avec abondance; les glands provenant de ces arbres sont plus gros et plus précoces. Le même effet est produit par l'incision circulaire de l'écorce pratiquée en horticulture, et principalement sur la vigne.

Quoique l'écorcement ne produise pas sur toutes les essences, et notamment sur le chêne rouvre, les mêmes résultats que sur le chêne yeuse, la pratique de l'incision circulaire de l'écorce pourrait être essayée, pour provoquer ou augmenter la fructification de certains arbres.

(3) Les brins de semence ne fructifient que tardivement, mais il n'en est pas de même des rejets de souche, boutures ou marcottes. Tous ces organismes ayant du bois parfait, ou communiquant avec une souche dont le bois est bien

---

(*a*) Dans le noisetier, le hêtre et l'aune le pollen tombe de bonne heure sur le stigmate, au printemps, quand les ovules ne sont pas encore bien formés, et ceux-ci ne deviennent adultes qu'après plusieurs semaines..... Chez les conifères dont la graine mûrit dans l'année, le tube pollinique met plusieurs semaines pour arriver au sac embryonnaire, et pour ceux dont la maturation est bisannuelle, il y a une suspension d'une année entre l'émission du pollen et la fécondation de l'ovule. (DUCHARTRE.—*Éléments de botanique*).

Dans un sol fertile, la fructification peut être annuelle ; mais dans un sol ordinaire elle est généralement intermittente, parce qu'il faut plusieurs années à la plante pour élaborer et accumuler l'excès de sève nécessaire à la production des semences (1). Cette intermittence est d'autant plus marquée et espacée que les graines sont plus nombreuses, plus grosses et plus riches en substances nutritives. On s'explique ainsi pourquoi les arbres à semences petites et légères fructifient plus souvent que ceux dont les graines sont grosses et lourdes (2). Les arbres situés dans un terrain fertile, à une exposition chaude, ayant des organes radiculaires et foliacés bien développés, et dont la production ligneuse est en même temps peu considérable, fructifient en général souvent et avec abondance (3).

L'influence de la lumière et de la chaleur, si marquée sur la fructification des arbres isolés, se manifeste d'une façon très-caractéristique, et par les mêmes raisons, sur les arbres venus en massif, lorsqu'ils se trouvent dégagés, par suite de l'abatage des arbres voisins. La fructification abondante, qui se produit ordinairement sur les arbres de l'espèce, est un des résultats les plus immédiats et les plus fréquents des éclair-

---

lignifié, portent des semences de bonne heure (*a*); ces semences sont, il est vrai, assez souvent vaines. Il est bon de tenir compte de ces circonstances pour le choix des réserves dans les taillis sous futaie.

(1) Cette circonstance jointe à la précocité des rejets des souches, tend à faire admettre que la fructification dépend jusqu'à un certain point du développement des tissus ligneux de la souche et de la tige, puisque c'est là où s'emmagasinent les sucs, ou sève élaborés par les feuilles. L'abondance ou la richesse de ce dépôt détermine ensuite la production des bourgeons fructifères, ce qui est l'essentiel, attendu que la maturation des fruits et des semences sont des phénomènes ultérieurs, et dans lesquels les feuilles semblent jouer un rôle très-important.

(2) Les arbres qui produisent chaque année des graines en abondance, même lorsqu'ils font partie d'un massif serré, sont en général des arbres de lumière, dont la régénération s'opère facilement.

(3) Dans les climats septentrionaux, la végétation emploie toutes ses forces au développement des fleurs et des fruits, ce qui explique le peu d'épaisseur des couches ligneuses des arbres de ces régions. Dans les climats tempérés, les arbres âgés, dont les accroissements ligneux sont faibles, fructifient presque chaque année avec abondance.

(*a*) M. Regimbeau, inspecteur des forêts, a trouvé des glands fertiles sur des rejets de chêne yeuse de 2 et 3 ans.

cies, ainsi que des coupes de taillis sous futaie (1), et sur lequel l'attention doit se porter.

Les coupes spécialement destinées à favoriser la fructification des végétaux forestiers doivent donc être basées sur ces principes, en observant toutefois que le genre d'exploitation nécessaire pour les arbres d'ombre, tels que hêtres, charmes érables, châtaigniers, etc., est généralement inutile pour les arbres de lumière, tels que pins, bouleaux, etc., produisant presque chaque année des semences en abondance.

Chaque espèce végétale demande, pour sa fleuraison, une température spéciale, de telle sorte que tous les arbres d'un massif mélangé d'essences diverses fleurissent rarement en même temps (2). Cette circonstance, très-avantageuse pour la conservation des forêts composées d'arbres variés, permet, dans ce cas, de ne pas attacher trop d'importance à l'époque de l'apparition des fleurs ; il n'en serait pas de même pour un bois peuplé d'une seule essence, où cette condition de la végétation devrait alors être prise en sérieuse considération.

§ 2. — *Maturation et dissémination naturelle des semences.*

L'époque et la durée de la maturation des graines ou semences sont très-variables. Beaucoup d'arbres mûrissent leurs fruits dans l'année même de leur apparition, d'autres mettent deux ans, et même trois ans, comme le pin pinier, à mûrir leurs semences.

Les graines perdent, en mûrissant, une certaine quantité de liquide par évaporation, de telle sorte que la proportion d'eau

---

(1) L'isolation des réserves, après les coupes de taillis sous futaie, est quelques fois suivie d'un développement exagéré de branches gourmandes sur tout le corps de l'arbre. Cette production subite et anormale d'organes foliacés non seulement empêche alors la fructification, mais affaiblit quelque fois l'arbre au point de le faire périr. Il est donc très-avantageux, sous tous les rapports, d'enlever au plus tôt cette végétation surabondante et inopportune, dont le retranchement ne laisse aucune trace sur le corps de l'arbre.

(2) Voici les époques de la fleuraison des principales essences forestières :

Janvier-Avril : coudrier. — Février-Mars : aune. — Mars-Avril : saule, peuplier, orme. — Avril-Mai : sapin, pin maritime, pin d'Alep, chêne pédonculé, chêne rouvre, chêne yeuse, chêne liége, hêtre, charme, bouleau, frêne, érable. — Mai : pin laricio, alisier. — Mai-Juin : epicéa, pin sylvestre, chêne tauzin, sorbier. — Juin : mélèze, robinier, pin cembro, chêne occidental. — Juillet : pin des montagnes, châtaignier, tilleul. — Septembre-Octobre : cèdre, caroubier.

qui existe dans les semences ne dépasse pas en moyenne 4 pour cent ; elle peut cependant varier de 0,50 à 8 p. 0/0, suivant le mode (1) de conservation des graines. Cet état d'humidité explique la densité des graines mûres, qui se trouve le plus souvent supérieure à celle de l'eau ; les semences vaines, dont l'embryon atrophié et non fécondé ne remplit pas la cavité nucellaire, sont plus légères que l'eau (2).

La dissémination des semences est le dernier acte de la vie commune entre le végétal et le germe préparé pour sa reproduction. On peut, dans ce dernier phénomène, dans cet acte important par lequel la nature a voulu assurer la propagation et la perpétuation des espèces végétales, chercher des leçons et des exemples pour arriver au même résultat, avec certitude de succès.

La dissémination des graines, dont l'époque varie pour chaque espèce végétale (3), mais qui a lieu le plus souvent au moment de leur maturation complète, indique ainsi la période pendant laquelle on doit procéder à la récolte des semences destinées aux semis artificiels et aux travaux d'ensemencement.

Le mode de dissémination des graines peut être influencé par différentes circonstances inhérentes à ces organes, et se rapportant à leur poids, leur forme, leur consistance et aux appendices dont elles sont munies. Les graines lourdes tombent au pied des arbres, où elles germent à l'ombre et sous le couvert, tandis que les graines légères, emportées de divers côtés, se développent loin des arbres producteurs. Les semences dures et fermes, dont l'enveloppe offre une certaine résistance à la sortie du germe, ont besoin d'être enterrées plus

---

(1) D'après M. Muntz, les graines renferment normalement des quantités d'eau qui varient entre 11 et 19 pour cent.

(2) Cette circonstance a donné naissance au procédé d'essai par l'eau, employé dans la pratique pour distinguer les graines bonnes de celles qui sont vaines. Cet essai ne donne pas toujours des indications incontestables, parce que certaines bonnes graines ont quelquefois une densité très-faible.

(3) Les époques de la dissémination des graines peuvent, pour chaque espèce, être réparties, savoir :

Mai-Juin (printemps). — Epicéa, mélèze, pin sylvestre, pin maritime, pin-cembro, cèdre, saule, peuplier, orme, charme, etc.

Juillet-Août (été). — Pin d'Alep, bouleau, caroubier.

Septembre-Octobre (automne). — Sapin, chêne pédonculé, chêne rouvre, chêne yeuse, chêne liége, hêtre, coudrier, noyer, érable, châtaignier, sorbier, tilleul, alisier, robinier, frêne, cytise, ailanthe, aune, etc.

profondément, et dans un sol plus frais que les fruits recouverts ou formés d'un tissu mou et pulpeux. Ces derniers trouvent en effet dans une enveloppe de cette nature toutes les conditions nécessaires pour protéger et faciliter leur germination : aussi les semences de la première catégorie sont-elles souvent enterrées par des animaux, tandis que les oiseaux emportent au loin les fruits pulpeux, qui germent partout au hasard.

Diverses graines sont garnies d'appendices ailés (1) ou de bouquets de poils ; ces organes auxiliaires sont alors l'indice certain qu'elles doivent être emportées et disséminées au loin par les vents, et que les jeunes plants peuvent se développer dans toutes les situations. Les graines nues, au contraire, ne pouvant pas être déplacées par des circonstances naturelles, paraissent ainsi destinées à rester en place, et à germer par conséquent au pied même des arbres qui les produisent

Les graines trop lourdes pour être emportées par le vent sont quelquefois rondes et lisses, ce qui permet de penser que leur prédisposition est de rester à l'endroit où elles tombent, ou bien de rouler au bas des pentes, au fond des vallées et loin des arbres fructificateurs, ou soit encore de s'arrêter dans des trous pour y rencontrer un terrain frais et fertile. Lorsque ces mêmes graines sont garnies d'épines ou d'arêtes, on peut en conclure une adaptation bien marquée à ne pas être entraînées au loin ; ces semences trouvent les conditions favorables à leur développemeut à l'ombre et sous le couvert des arbres qui les produisent, dans les moindres replis du sol, et à l'abri de toutes les plantes qui peuvent garnir le terrain.

---

(1) La graine de sapin fait exception à cette règle, parce que, quoique munie d'une aile, elle n'est pas destinée à être disséminée au loin par le vent ; l'écaille du cône se détache en effet en même temps que la graine, afin de déterminer sa chute sous le couvert de l'arbre, à l'abri duquel le jeune plant délicat doit se développer. Cette bizarrerie de la nature pourrait faire penser que l'espèce sapin est en voie de transformation, et n'a pas encore ses caractères génériques définitifs.

La graine du pin cembro est aussi une exception, parmi les graines ailées des conifères, parce qu'elle est dépourvue de cet appendice.

L'épicéa semblerait faire également en partie exception à cette règle, en ce sens que le cône se détache parfois de l'arbre et tombe avant la dissémination complète de toutes les graines ailées ; il s'en suit que les graines restées dans les cônes ne se dispersent pas toujours au loin et que le jeune plant peut se développer et vivre sous le couvert de l'arbre.

La comparaison, pour chaque essence, de l'époque de la dissémination des semences et de la chute des feuilles peut également fournir des indications intéressantes sur les conditions de la germination, et la manière dont chaque graine a besoin d'être enterrée et recouverte, en vue de l'exécution des semis artificiels. Enfin les différentes circonstances qui maintiennent les semences lourdes au pied des arbres producteurs, peuvent, jusqu'à un certain point, servir aussi d'indice sur les exigences de cette essence, au point de vue de la nature et de la qualité du terrain (1).

Section III. — Evolution de la graine.

§ 1er. — *Germination des semences. — Embryon.*

La germination (2) d'une graine fécondée, pourvue d'un embryon parfait et placée dans des conditions favorables présente, d'après les recherches de MM. Déhérain et Landrin, les trois phases suivantes :

1° Ramollissement des enveloppes de la graine par l'eau ;

2° Pénétration et condensation des gaz dans l'intérieur de la graine, à la façon des corps poreux et, par suite, dégagement de chaleur ;

3° Attaque des principes contenus dans la graine par l'oxygène échauffé.

Ces phénomènes ne s'effectuent que sous la triple influence de l'humidité, de la chaleur et de l'oxygène de l'air.

Le ramollissement des tissus et leur rupture nécessaire pour la sortie du germe ne peuvent se produire que sous l'influence de l'humidité ; l'eau est en outre nécessaire pour remplacer le liquide perdu par la graine pendant sa maturation. Lorsque les graines ont une enveloppe dure, qui empêche ou retarde l'imbibition, il pourrait être avantageux, dans certain cas, de briser ou d'user le test de ces semences, pour en faciliter la germination.

---

(1) Le châtaignier, dont le jeune plant ne craint pas le couvert, mais qui recherche un terrain leger et siliceux, peut servir d'exemple à cet égard.

(2) D'après les expériences de MM. Boussingault et Fleury, une graine, pendant sa germination, se comporte comme un animal, ou un œuf pendant son incubation. Dans l'obscurité, elle vit au dépens des matières accumulées dans ses tissus et l'amidon ou la fécule disparaît pour se transformer en cellulose ; mais dès que la graine arrive à la lumière, au lieu d'émettre de l'acide carbonique, elle en absorbe et le décompose.

Les graines absorbent en général un poids d'eau supérieur au leur, mais qui est néanmoins proportionnel à leur grosseur. Le liquide qui pénètre par endosmose dans l'intérieur de la graine, favorise la transformation de l'amidon en dextrine et en glucose (1), tout en apportant des éléments de nutrition à l'embryon (2). Mais un excès d'eau deviendrait nuisible, si le liquide produisait une sorte de macération des tissus, ou bien si la graine totalement immergée était, par suite, mise à l'abri du contact de l'air; dans les deux cas cette circonstance empêcherait ou arrêterait la germination.

La chaleur est indispensable à la germination, comme à la plupart des actions physiologiques et chimiques. On ne connait pas encore le moment précis où commence la germination, ni les degrés ou la quantité de chaleur nécessaire pour déterminer ce mouvement vital, et celle au delà de laquelle il s'arrête; mais comme chaque graine a une organisation spéciale, il est à peu près certain que chaque espèce doit avoir besoin d'une température particulière, et caractéristique pour que cette fonction commence à s'effectuer.

La température la plus favorable à la germination des graines, surtout lorsqu'elle est accompagnée d'humidité, parait varier entre 10 et 20 degrés de chaleur (3), et aller même jusqu'à 35°, d'après M. Haberland.

La germination ne s'effectue qu'au contact de l'air. C'est l'oxygène qui agit sur le germe fécondé et détermine son

---

(1) La transformation de la cellulose en sucre, au moment de la germination, c'est-à-dire dès la manifestation de la vie, est forcée, parce que le sucre sert à la nutrition, et que sans le sucre le végétal ne pourrait pas vivre.

(2) L'eau distillée serait impropre à faciliter la germination, parce qu'elle ne permet pas la migration des principes immédiats de la graine dans la jeune plante ; il faut, pour la réalisation de ce phénomène, que l'eau renferme des sels de chaux et de soude en dissolution.

(3) D'après le docteur Uloth, des grains de blé et des graines d'érable ont germé dans une glacière, entre des blocs de glace, et par conséquent à une température de zéro. Il faudrait donc conclure de ce fait que le phénomène de la germination peut se produire à de très-basses températures, à moins que cette faculté ne fut spéciale aux deux espèces végétales signalées. On peut aussi supposer, avec le Dr Sachs, que l'air confiné entre les blocs de glace a été échauffé, et que cette élévation de la température a pu déterminer la germination de ces semences.

Les graines mûres et sèches peuvent supporter un abaissement considérable de température (— 40°) sans perdre leur faculté germinative, qui disparait sous l'influence d'une chaleur de 50 à 75 degrés. Les graines humides exposées à une basse température perdent leur faculté germinative.

évolution ; ce gaz est absorbé pendant l'espèce de combustion qui s'opère dans les tissus, ainsi que le prouve l'élévation de la température. Les graines qui germent le plus facilement exigent, d'après M. Déhérain, un poids d'oxygène égal à environ 1/20 du leur.

Il résulte en outre des expériences faites par M.A. Pauchon, (1) que la lumière accélère d'une manière constante l'absorption de l'oxygène pendant la germination des graines, et qu'il existe un rapport entre les degrés d'éclairement et la quantité absorbée de ce gaz. L'accélération respiratoire exercée sur les graines pendant la journée persiste dans l'obscurité, pendant plusieurs heures, et parait plus intense aux basses températures, en diminuant avec l'élévation de celle-ci.

D'après M. Müntz, les proportions d'acide carbonique formé par les graines conservées dans les greniers croissent très-rapidement avec la température, mais le volume d'acide carbonique formé est toujours inférieur au volume d'oxygène absorbé.

Les graines ne germent pas en l'absence de l'oxygène, mais par contre, sous l'influence de l'oxygène pur, l'excitation qui en résulterait ferait rapidement périr la plante : l'atmosphère la plus favorable à la marche régulière de ce phénomène parait être celle qui contient 1/3 d'oxygène et 2/3 d'azote.

La lumière semble utile pour la germination des graines, mais elle n'est pas indispensable (2). Son action ne se fait réellement sentir que lorsque la plantule sort; avant cette époque, elle ne parait agir que par la chaleur qui l'accompagne.

Certains acides (3) paraissent faciliter la germination ; les alcalis au contraire la retardent.

Voici comment M. G. Ville indique et énumère les phénomènes de la germination : « La graine absorbe l'eau, ses tissus se » gonflent, se tuméfient. L'amidon contenu dans les cotylédons

(1) *Journal d'agriculture pratique, 1880.* — Mois de Novembre.

(2) D'après Th. de Saussure, la lumière ou l'obscurité sont sans influence sur la germination des semences. La lumière peut avoir même parfois une action nuisible à cause de la chaleur qui, si elle était trop forte, pourrait, dans certains cas, déssécher la graine.

(3) Le chlore (acide chlorhydrique), par une propriété encore inexpliquée, favorise et accélère la germination des graines, et surtout des vieilles semences.

L'acide carbonique nuit à la germination; il en est de même de l'acide phénique, dont une seule goutte diluée dans 50 centimètres cube d'eau suffit, d'après M. Vogel, pour rendre la germination impossible.

» se dissout ; il passe à l'état de dextrine et de glucose ; une » partie de la matière azotée, fibrine et légumine se dissout » elle-même et passe à l'état d'albumine ; enfin la graine ab- » sorbe l'oxygène et dégage de l'acide carbonique; elle respire, » et l'embryon, assimilant les principes ainsi modifiés de la » graine, émet ce que les botanistes appelent les deux systèmes » axiles : la tige munie de feuilles, les racines pourvues de leurs » filaments capillaires, qui sont par excellence, les canaux d'ab- » sorption du végétal (1). »

La durée de la germination n'a rien de régulier ; certaines graines germent plus tôt, d'autres plus tard (2), et on ne connait pas la raison de ces différences dans l'accomplissement de ce phénomène. Cette période varie non-seulement pour chaque espèce, mais encore pour les mêmes graines elle est diversement influencée par les circonstances extérieures (terrain, humidité, électricité, etc.) et surtout par la température.

Il semble en effet résulter des observations de M. Fr. Haberlandt, que la germination s'effectue d'autant plus rapidement que la température à laquelle est soumise la graine est plus élevée, en restant cependant dans la limite de 10 à 35 degrés.

En général, les graines fraîches germent plus promptement que les graines conservées, et celles provenant d'une région froide sont plus précoces que celles venues d'un pays chaud.

---

(1) D'après M. Ladureau, la cause déterminante de la germination des graines serait l'absorption d'une certaine quantité d'humidité (10 à 20 p.°/₀) qui, réunie à la substance oléagineuse, que renferment toutes les semences, détermine sa transformation chimique avec dégagement de chaleur et d'électricité. Sous cette double action, le germe ou embryon subirait un ébranlement ou une surexcitation particulière, qui transformerait la graine inanimée en plante vivante.

Les graines dont l'huile est devenue acide ont perdu la faculté de germer.

(2) Voici la durée moyenne de la germination des graines des principales essences, suivant les saisons des semis :

Semis de printemps. — 8 à 10 jours, peuplier, — 10 à 14 jours, robinier, -10 à 20 jours, orme, — 15 à 30 jours, chêne, — 20 à 30 jours, sapin, mélèze, pin sylvestre, pin de montagne, sorbier, alisier, — 20 à 40 jours, hêtre, châtaignier, — 25 à 30 jours, épicéa, — 30 à 40 jours, aune, — un an (au printemps suivant), charme, frêne, tilleul et micocoulier ;

Semis d'automne. — Les graines ne germent qu'au printemps suivant et aux mois ci-après : — Février, pin cembro, — Avril, hêtre aune, — Mai, chêne, hêtre, châtaignier, robinier, bouleau, érable, charme, frêne, alisier, sorbier, etc.

La durée de la faculté germinative des semences varie suivant les espèces et les influences extérieures.

Une graine renferme toutes les substances nécessaires au développement de la jeune plante, jusqu'à ce que les organes de celle-ci puissent élaborer et s'assimiler les éléments de nutrition puisés dans la terre et dans l'air. Mais depuis le moment où la graine se sépare de la tige-mère, jusqu'à celui où la germination commence, elle se trouve dans un état d'engourdissement ou de léthargie, pendant lequel sa vie est à l'état latent, et toutes ses fonctions sont ou paraissent suspendues (1). Cet état peut se maintenir fort longtemps sans altération, comme aussi cet arrêt ou suspension d'existence peut avoir pour conséquence l'affaiblissement ou la perte complète de la faculté germinative.

Ce résultat dépend des influences extérieures auxquelles se trouvent exposées les semences, pendant leur période de conservation et de repos. Si, par suite d'une température humide, l'activité vitale du germe est un peu excitée, la graine, quoique ne germant pas, vit cependant assez pour absorber de l'oxygène et émettre de l'acide carbonique, c'est-à-dire pour consommer une partie des substances accumulées dans ses tissus (2); elle s'épuise ainsi sans profit, à tel point qu'elle ne peut plus ensuite germer, ou que l'embryon ne peut pas assez se développer pour arriver à suffire à son existence. Dans les pays froids, l'abaissement de la température, en paralysant ou arrêtant complétement toute espèce d'activité végétale, contribue donc à conserver à la graine tous ses éléments, et par conséquent toute sa force germinative (3).

---

(1) Les graines ont, sur ce point, une certaine ressemblance avec les animaux microscopiques reviviscents qui, après leur dessication, perdent toute trace de vitalité pendant un temps indéterminé, et auxquels une goutte d'eau rend ensuite toute leur activité première.

Quelques graines ou spores de certaines algues, celles du *Sphœroplea Annulina* entre autres, sont, à l'instant de leur dissémination, animées de tels mouvements propres, qu'on est tenté de les croire douées d'une vitalité spéciale, qui cesse au moment de leur germination.

(2) Comme le dit Cl. Bernard, on ne vit pas de ses aliments actuels, mais de ceux qu'on a mangé antérieurement, modifiés et en quelque sorte créés par l'assimilation.

(3) M. Boussingault relate que des graines exposées à un froid de 100 degrés n'ont pas perdu leur faculté germinative.

Voilà pourquoi les semences vieilles ou mal conservées réussissent toujours médiocrement, quand elles ne manquent pas complétement.

Lorsqu'on veut conserver des graines, il faut, autant que possible, les soustraire aux influences de la chaleur, de l'air et de l'humidité (1). Le germe, restant alors complétement inerte, n'entame pas sa réserve nutritive qui reste intacte et complète, jusqu'au moment où la germination doit avoir lieu.

Dès que l'embryon végétal a rompu son enveloppe, et en attendant que la radicule ait pénétré assez profondément dans le sol (2) pour y absorber l'humidité et les éléments nécessaires à la végétation, la jeune plante puise dans les corps cotylédonnaires (albumen ou endosperme), dont toute graine est munie, les matériaux de son premier développement. Si par hasard la graine est mal ou pauvrement pourvue, le végétal ne se développera pas et ne dépassera pas la période que M. G. Ville a appelé embryonnaire. Il faut cependant excepter le cas où, par suite de circonstances particulières, les premières radicelles de la plante trouveraient, dans un sol très-fertile, une nourriture abondante et appropriée à ses besoins (3), jusqu'à ce que les organes aériens aient pu se constituer.

Les recherches de M. G. Ville ont démontré enfin que les belles semences, les grosses graines produisent des plantes plus fortes, plus vigoureuses, des fleurs plus amples et une meilleure récolte que les graines moyennes ou petites, et que les graines fraîches donnent seules de bons résultats.

§ 2. — *Des jeunes Plants.*

Les matières albuminées, que la végétation a accumulé dans

---

(1) Les graines immergées dans l'eau, et par conséquent privées d'air, se conservent pendant un certain temps, parce que l'absence de l'oxygène empêche la germination. Les semences étendues en couche mince, en forêt, sur un terrain *sec*, se conservent assez bien pendant l'hiver, parce qu'elles se trouvent mises ainsi à l'abri de la chaleur et de l'humidité.

(2) La graine n'a pas besoin du sol ou de la terre pour germer, quoique elle trouve dans ce milieu les meilleures conditions de germination ; l'embryon ou jeune plante n'a réellement besoin de la terre que lorsqu'il a épuisé la réserve alimentaire des cotylédons. Cette circonstance doit guider dans la manière de préparer le sol, dans les coupes de régénération, lorsque ce travail est nécessaire.

(3) Lorsqu'un être vivant, dit M. G. Ville, trouve dans sa sphère d'activité des produits qui peuvent se suppléer, et qui sont plus assimilables les uns que les autres, il commence par absorber ceux dont l'assimilation est la plus facile.

la graine, fournissent à l'embryon ses premiers éléments de nutrition, et les matériaux nécessaires à la formation de ses jeunes organes. Ces substances ne pouvant se dissoudre que par l'humidité, le pivot radiculaire, ou radicule est le premier organe formé, pour fixer d'abord la jeune plante, et ensuite parce qu'il doit aller chercher dans le sol le liquide nécessaire à l'assimilation des éléments devant être utilisés pour la production et le développement de la tigelle et des premières feuilles. Lorsque le jeune plant, muni de racines et de feuilles, peut vivre d'une existence propre, les cotylédones vides, flétris et dès lors inutiles, se détachent ; dès ce moment commence pour le végétal une véritable existence individuelle, par rapport à son espèce et à son adaptation.

Les conditions de l'accroissement du jeune arbre sont une nourriture abondante, c'est-à-dire un terrain frais et substantiel, ainsi que l'influence de la lumière, de l'air et de l'électricité (1) pour l'élaboration des sucs séveux.

Il n'y a pas lieu de se préoccuper des conditions d'air et de lumière, en ce qui concerne les graines légères, ou qui peuvent être emportées au loin, parce qu'elles sont destinées à se développer en pleine lumière et sans abri.

Mais il n'en est pas de même des graines germant au pied de leur progéniteur ; pour ces dernières, la quantité de lumière et d'air nécessaire au jeune plant est en général nettement indiquée par le feuillage et le couvert de l'arbre. Il est en effet à peu près incontestable que les plants des arbres à couvert épais, dont les feuilles persistent dans l'intérieur du houppier et à l'ombre, sont destinés à germer et à croître à l'ombre et sous le couvert de la tige-mère, dont l'abri leur est par conséquent temporairement nécessaire.

La période pendant laquelle les jeunes plants peuvent supporter le couvert des arbres est très-variable. Après l'émission de la radicule, les cotylédons restent cachés dans le sol ou bien sont entraînés au dehors ; dans le premier cas, la

(1) Il résulte des expériences de M. Grandeau (*Cours d'agriculture à l'école forestière*), que l'électricité atmosphérique influe considérablement sur la végétation ; qu'une plante soustraite à l'influence électrique subit, dans son évolution, une diminution de formation de substance de 30 à 50 p. °/₀; que les arbres agissant comme paratonnerre soustraient à l'influence électrique les plantes placées dans leur voisinage, et que cette suppression, jointe à l'action du couvert, est une des principales causes de la faible végétation des plantes abritées.

nourriture, et par conséquent le développement du végétal étant ainsi assuré, il est alors en général assez indifférent au jeune plant de se trouver, pendant la période embryonnaire (1), à l'ombre, ou en pleine lumière et exposé au soleil.

Mais si, au contraire, les cotylédons ou l'albumen sont soulevés hors de terre et se trouvent exposés à l'air, par suite de l'allongement de la tigelle, un léger abri peut alors, suivant les circonstances, être plus avantageux pour le développement de jeunes plants, afin de garantir ces organes nourriciers contre l'action directe des rayons du soleil, ou du froid. Inutile en effet pendant cette première phase de la végétation, soit pour la formation de la chlorophylle ou l'élaboration de la sève, la lumière directe et la chaleur ne peuvent être que nuisibles, en provoquant soit une évaporation trop forte, soit le desséchement des corps cotylédonnaires ou de l'albumen.

Dans tous les cas, tant que les jeunes plants n'ont pas fait pénétrer leurs racines au-dessous de la couche superficielle du sol, un léger abri leur est en général assez favorable, pour empêcher l'échauffement et le desséchement du terrain, ce qui, dans certaines circonstances, pourrait leur être nuisible.

Les conditions de développement des jeunes plants peuvent d'ailleurs être modifiées par la situation en montagne ou en plaine et par l'exposition au nord ou au midi. Le jeune plant d'épicéa, par exemple, résiste parfois assez longtemps sous un couvert assez épais aux expositions chaudes, tandis que à une certaine altitude ou au nord, dans un climat humide et froid, tout abri prolongé peut lui être nuisible.

Les jeunes plants d'essence d'ombre, c'est-à dire à couvert épais, ayant besoin d'abri durant leur jeunesse, peuvent être découverts, et exposés à toutes les influences extérieures, lorsque leur tige bien lignifiée est devenue assez dure et assez forte pour supporter le poids du houppier ; que l'écorce est assez épaisse (2) pour n'avoir plus à craindre d'être dessé-

(1) La période embryonnaire est celle qui s'écoule depuis la germination usqu'au moment où la jeune plante se procure directement, au moyen de ses organes suffisamment développés, ses éléments de nutrition, après avoir absorbé toute la substance assimilable renfermée dans les cotylédons.

(2) Les jeunes plants de hêtre tenus à l'ombre ont leur écorce très-sensible ; suivant l'exposition, on voit souvent, après une coupe, périr un certain nombre de brins par suite de l'action trop forte du soleil sur l'écorce et les jeunes tiges encore incomplétement lignifiées. Pour l'écorce verte, comme pour les

chée par l'ardeur du soleil, et que les organes foliacés, complets et bien constitués, ont pris leur dernière forme.

Les organes naissants en voie de formation, dont les jeunes cellules sont gonflées de suc séveux, c'est-à-dire à l'état de turgescence, n'ont pas d'élasticité, et sont par suite très-cassants. Les jeunes plants ou les jeunes pousses, au moment de la végétation, redoutent donc beaucoup les chocs et les froissement qui peuvent les briser, et c'est pour cela que dans les coupes peuplées en jeunes semis, ou dans les jeunes recrus on suspend quelquefois les exploitations au printemps, c'est-à-dire du mois de mai au mois d'août. Cette précaution est même indispensable dans les jeunes semis naturels d'essence résineuse, qui n'ont pas la faculté d'émettre des bourgeons terminaux pour reconstituer leur cime brisée.

Lorsque les jeunes tissus sont lignifiés, ils deviennent alors flexibles et élastiques, parce que les cellules qui les composent perdent cet état spécial de turgescence.

L'alternance de la sécheresse et de l'humidité favorise le développement de la substance ligneuse des jeunes plants. Pour que ce résultat se produise, il faut que la sécheresse fasse un peu flétrir les organes foliacés, afin qu'il s'effectue une retrogradation des éléments des feuilles vers la tige ; après ce phénomène, les feuilles, reprenant leurs fonctions, sous l'influence de l'humidité, recommencent à élaborer de nouvelles substances, pour remplacer celle qui a été fixée dans la tige, et qui se transforme en corps ligneux (1).

La qualité et la fertilité du sol influent considérablement sur le tempérament plus ou moins robuste (2) des jeunes

---

feuilles, les tissus végétaux qui perdent l'eau nécessaire à leur organisation perdent en même temps leur activité vitale.

(1) Ce fait a été observé dans l'Inde, dans les repiquements de jeunes plants de quinquina (cinchonas).

(2) Les jeunes plants des divers arbres présentent de grandes différences au point de vue de leur rusticité et de leur résistance à la chaleur et au froid ; voici la classification des plants des principales essences forestières sous le rapport de leur tempérament :

Plants peu robustes — Hêtre, Sapin ;

Plants assez robustes — Mélèze, Cèdre, Charme, Erable, Frêne, Tilleul, Robinier ;

Plants robustes — Pin d'Alep, Chêne rouvre, Chêne Tauzin, Chêne yeuse, Chêne liége, Chêne occidental, Aune, Orme, Alisier ;

Plants très-robustes, Pin sylvestre, Pin des montagnes, Pin cembro, Epicéa, Pin maritime, Pin laricio, Chêne pédonculé, Châtaignier, Coudrier, Bouleau, Saule, Peuplier, Sorbier ;

plants ; aussi voit-on souvent, dans des jardins ou dans des péninières, végéter avec vigueur, à l'air libre, et sans souffrir de l'action directe des rayons du soleil, des jeunes sujets d'arbres ordinairement abrités pendant leurs premières années. Dans certains cantons de forêts, on voit également parfois se développer à découvert, ou sous un très-léger abri, de jeunes peuplements, qui redoutent habituellement les ardeurs du soleil, surtout dans leur jeunesse.

Ces phénomènes ne se manifestent généralement que dans les sols profonds, frais et fertiles, où les racines peuvent s'étendre librement, et procurer ainsi aux jeunes plants une surabondance d'humidité, capable de réparer toutes les pertes produites par une évaporation puissante. Ce concours particulier de circonstances permet alors aux jeunes plants délicats de braver impunément l'action directe des rayons du soleil et l'évaporation excessive (1) qui en résulte, sans que leurs tissus soient désséchés, ou leur circulation arrêtée.

Dans ces conditions exceptionnelles, l'exposition en pleine lumière, loin d'être nuisible, peut au contraire devenir la cause d'une végétation très-vigoureuse, dont il est alors avantageux de tirer le meilleur parti possible.

Section IV. — Dispersion des Graines pour l'Ensemencement

§ 1er. — *Observations sur les semis naturels.*

Lorsque, dans un massif boisé, un arbre meurt et tombe, il est aussitôt remplacé par une multitude de jeunes plants, qui garnissent le terrain laissé à découvert. Si, d'une part, ce fait tend à prouver que le sol d'une forêt est presque toujours pourvu de semences, n'attendant que l'influence de l'air et de la lumière pour se développer, il ne faudrait pas cependant

---

Plants craignant le froid	Délicats — Chêne ronvre, Châtaignier, Robinier, Micocoulier, Aune, Pin maritime, Epicéa ;
	Très-délicats — Cèdre, Pin d'Alep, Chêne yeuse, Chêne liége;
Plants craignant la chaleur	Délicats — Epicéa, Mélèze, Charme, Tilleul ;
	Très délicats — Sapin, Hêtre ;

(1) L'évaporation acquiert son maximum d'intensité dans les feuilles tendres et souples, et l'excès de ce phénomène peut avoir, surtout pour les organes herbacés, les plus fâcheuses conséquences, parce que la vitalité de ces organes disparait en même temps que leur humidité.

croire que ce qui se passe dans un vide produit par l'enlèvement d'un arbre, au milieu d'un massif, se reproduira, toujours et d'une façon certaine, dans une coupe comprenant un grand nombre d'arbres, et occupant une superficie assez étendue.

La nature comble facilement, avec ses ressources ordinaires, un vide produit naturellement ; mais comme l'exploitation régulière d'une forêt n'est pas un fait normal, il faut que la main de l'homme, qui intervient dans cette circonstance, aide également la nature pour la reconstitution des massifs détruits.

Lorsqu'on doit s'occuper du repeuplement naturel d'un canton de bois, en même temps que de son exploitation, il importe d'être bien fixé, préalablement à toute opération forestière culturale, sur le tempérament des essences composant le peuplement, au point de vue de l'ombre et de la lumière, ainsi que de la chaleur et du froid. Il faut aussi connaître les conditions de fructification des arbres, de maturation et de dissémination des graines, et de l'enracinement des jeunes plants. C'est en effet d'après ces indications que l'on peut calculer la marche des exploitations destinées à faciliter et à assurer la production, la dissémination et la germination des semences, et le développement des jeunes tiges.

Comme, après la germination, la radicule de l'embryon doit d'abord s'enfoncer dans le sol pour y puiser les liquides nécessaires à la décomposition des substances renfermées dans les corps cotylédonnaires, et y prendre ensuite les éléments de son développement, il faut, avant toute chose, examiner l'état et la nature du terrain, et s'assurer s'il présente les conditions favorables à la germination des semences et à la pénétration des racines.

Lorsque la terre est sèche et durcie, les jeunes organes, à leur sortie des enveloppes séminales, ne peuvent pas absorber l'humidité indispensable à leur évolution, ni se fixer dans le sol. Dans ce cas, il convient de briser, au moyen d'un labour ou de toute autre travail agricole, la croûte superficielle du terrain, qui opposerait un obstacle invincible à la réussite du semis naturel. Lorsque la terre est nue mais fraîche, la gelée soulève et émiette la terre pendant l'hiver, de telle sorte que les graines peuvent glisser dans les fissures du terrain ; au printemps, la radicule s'enfonce alors facilement dans une couche de terre meuble et perméable, très-favorable au développement des jeunes plants.

Si le terrain est couvert d'un gazon serré, dont les racines entrelacées forment une espèce de tissu feutré, épais et parfois impénétrable, les graines restent comme suspendues au milieu des herbes; elles ne peuvent pas germer, parce qu'elles ne sont pas en contact avec la terre, ou bien les jeunes plants ne se développent pas, parce que la racine ne peut pas s'enfoncer dans le sol.

Dans ce cas, il est nécessaire, soit de faire des trous de distance en distance, soit de déchirer et de retourner des plaques de gazon, pour que les graines et les plants puissent trouver, dans une terre meuble, des conditions favorables à leur développement.

Lorsque le sol est couvert de feuilles mortes qui conservent l'humidité de la terre, et empêchent son tassement et son durcissement, il présente alors les conditions les plus favorables à la réussite des semis naturels.

L'existence de quelques arbustes peu serrés et peu élevés, tels que genêts, bruyères, ronces, houx, etc., en arrêtant les graines et leur procurant un léger abri, favorise considérablement le repeuplement naturel des coupes.

Suivant la constitution de leurs jeunes plants (1), le besoin d'un abri dans leur jeunesse, ou la faculté de se développer en plein air et en pleine lumière, les divers végétaux forestiers ont été divisés en arbres de lumière (2) et arbres d'ombre (3), et à chacune de ces deux catégories d'essence, se rapportent des conditions culturales particulières au point

(1) Voir page 101, la classification des essences suivant le tempérament des jeunes plants.

(2) Les arbres de lumière sont : les Chênes rouvre, pédonculé, yeuse et liége, les Bouleau, Aune, Peuplier, Saule, Orme, Erable, Cerisier, et fruitiers, tels que Sorbier Alisier et Cormier, les Châtaignier, Robinier, Micocoulier, Epicéa, (*a*), Mélèze, Cèdre, Pin sylvestre, Pin d'Alep, Pin pinier, Pin maritime, etc,

(3) Les arbres d'ombre sont d'abord : les Hêtres, Sapins, puis les Charme, Tilleul et enfin le Frêne. — Cette dernière essence peut même être considéré comme un arbre de transition.

(*a*) L'épicéa semble être une essence mixte, en ce sens que si une partie des graines ailées sont disséminées au loin, celles qui restent dans les cônes, au moment de leur chute, germent sous le couvert des arbres.

Les jeunes plants d'épicéa sont très-robustes ; ils viennent bien à découvert, sans abri, et en même temps ils résistent assez longtemps sous le couvert. Mais ils craignent, surtout dans leur jeunesse, les gelées printannières, dont ils sont parfois victimes dans les endroits bas et dans les dépressions de terrain.

de vue forestier, et exigeant par conséquent des opérations spéciales.

1° Arbres de lumière.

Les arbres de lumière, c'est-à-dire ceux dont les plants robustes se développent sans abri, en pleine lumière, peuvent être séparés en deux classes, savoir : 1° les arbres à semences petites, légères, destinées à être disséminées au loin par les vents, fructifiant ordinairement tous les ans, et dont les graines sont situées généralement aux branches extérieures et de la cime (1) ; 2° les arbres à semences lourdes, et dont la fructification n'a pas lieu toutes les années (2).

Lorsque les arbres produisent annuellement une certaine quantité de semences, dont la dissémination se fait au loin, le repeuplement naturel de toutes les exploitations paraît assuré, dans la plupart des cas, On peut alors effectuer des coupes à blanc étoc et à tire et aire (3). Il est cependant toujours avantageux de prendre certaines précautions pour les époques de ce genre d'exploitations, et surtout de choisir les saisons convenables, afin que la germination des graines s'effectue dans de bonnes conditions, et que les jeunes plants destinés à reconstituer le massif boisé se développent bien. Les coupes peu étendues et bien orientées sont en général avantageuses pour la réussite de l'ensemencement, qui pourra d'ailleurs être complète par la conservation de bordures boisées. On devra surtout éviter que, par suite d'une circonstance quelconque (étendue des coupes, exposition, etc.), le terrain ne soit désséché par les vents violents, parce que cette disposition contrarierait la germination des graines.

Dans les forêts peuplées d'essences à fructification irrégulière, dont les graines lourdes tombent et restent au pied des arbres, les exploitations à faire en vue d'un repeuplement par voie de semis naturel doivent être établies suivant des règles culturales spéciales. Il faut d'abord éclairer le massif.

(1) Ces arbres sont les Bouleau, Aune, Peuplier, Saule, Orme, Erable, Épicéa, Mélèze, Cèdre, Pin sylvestre, Pin d'Alep, Pin maritime, etc.

(2) Les principaux arbres de cette catégorie sont les suivants : Chênes rouvre, pédonculé, yeuse, liége, Cerisier, Sorbier, Alisier, Cormier, Châtaignier, Robinier, Micocoulier, etc.

(3) Les coupes à tire et aire et à blanc étoc étaient assez souvent ensemencées à la main, dans les futaies de chêne.

en enlevant une certaine quantité de sujets dans une proportion variant, suivant les situations, exposition ou terrain, etc. entre les 6/10 et les 8/10 du peuplement. Cette première coupe peut se faire de deux façons : en cherchant à distribuer également partout la lumière, et dans ce cas il convient d'abattre les petits brins, les plus droits, les plus élancés et ayant le moins de houppiers, afin de laisser les arbres vieux, gros et branchus. Ces derniers, isolés de leurs voisins et ressentant de tous les côtés l'influence de la lumière et de la chaleur, fructifieront alors immédiatement et en abondance.

Si on voulait au contraire procéder par petits trous ou clairières raprochées, et régulièrement espacées, il serait préférable d'enlever d'abord, dans ce cas, les gros arbres branchus et, à leur défaut, des petits bouquets formés par deux ou trois brins ou petits arbres contigus.

Ces deux opérations concourent au même but, qui est de mieux exposer les cimes des arbres à la lumière et à la chaleur pour les faire fructifier, et en même temps de permettre aux graines tombées sur le sol de jouir des mêmes avantages, indispensables pour amener leur germination. Toutefois, il importe d'ajouter que s'il est plus facile pour le forestier, et plus avantageux pour la réussite des semis, de disposer une coupe par petites clairières et petits bouquets d'arbres également espacés et disséminés, ce genre d'exploitation a parfois, d'un autre côté, l'inconvénient d'ouvrir les massifs boisés aux coups des vents violents, qui peuvent y causer des ravages, Cet inconvénient perd, il est vrai, de son importance dans les cantons abrités, et peuplés d'essences fortement enracinées dans un terrain solide.

Les arbres réservés comme porte-graine doivent, autant que possible, être choisis parmis les sujets les plus beaux, les plus droits et les plus élancés ; ces arbres sont ensuite enlevés successivement soit après la dissémination des semences, soit après la réussite du semis naturel.

En suivant ces principes, on peut, au moyen de deux coupes ainsi disposées, effectuées dans des délais convenables et en saison opportune, réensemencer complétement les parties de bois exploitées, et dégager en temps utile les jeunes semis qui, sans être gênés ou dominés, pourront alors croître en pleine lumière. On doit d'ailleurs, pour ces coupes, tenir

compte de toutes les circonstances particulières relatives à l'exposition et à la situation des bois.

L'espacement et la distribution des arbres porte-graines doivent être calculés de manière à obtenir un repeuplement régulier. Cette condition n'a qu'une importance (1) relative, parce que les petits vides disparaissent avec la croissance du bois, et que les clairières un peu considérables peuvent être repeuplées artificiellement et à peu de frais, avec des plants pris dans la coupe,

Dans les peuplements à couvert léger, formés par les arbres de lumière, dont le sol peut facilement se dessécher ou se gazonner, il est avantageux de favoriser la multiplication des arbustes tels que houx, genêts, coudriers, myrtilles, etc. Cette végétation basse conserve la fraîcheur du sol, arrête les semences, facilite leur germination et garantit parfois les jeunes plants de la gelée, sans que son ombre légère nuise à leur développement.

2° Arbres d'ombre.

Les semences des arbres d'ombre, destinées à germer et à se développer sous le couvert et à l'ombre de leurs progéniteurs, sont en général lourdes et grosses, afin que le vent ne puisse pas les écarter au loin dans leur chute. Comme la fructification des arbres de l'espèce est irréguliérement périodique, il faut donc, lorsqu'on se trouve en présence d'un massif forestier assez complet pour que le sol soit absolument dépourvu de toute espèce de végétation, effectuer différentes opérations ou exploitations préparatoires ayant pour objet : 1° d'augmenter la fructification des arbres ; 2° de rendre possible la germination des graines disséminées sur le sol ; 3° de conserver le couvert nécessaire pour fournir aux jeunes plants l'abri dont ils ont besoin.

Comme il serait assez difficile d'appliquer à une forêt les opérations d'horticulture, au moyen desquelles on peut hâter, ou augmenter la fructification des végétaux, il est préférable d'attendre les années de production naturelle des semences. Il faut d'ailleurs remarquer que les vieux arbres, dont les cimes sont élevées et développées, fructifient assez souvent et

(1) Lorsque deux arbres paraissent également susceptibles d'être conservés comme porte-graines, leur situation et leur espacement régulier sont les conditions qui doivent alors influer sur le choix et la désignation des réserves.

abondamment pour ensemencer le terrain sur une grande étendue.

Dans les futaies, on effectue quelque fois une première coupe dite *sombre*, parce qu'elle ne doit pas laisser pénétrer les rayons du soleil, et qui est destinée à favoriser la fructification et la germination des semences. Les coupes de l'espèce, dont l'utilité est parfois contestable, sont en général presque impossible (1) à asseoir, parce que l'enlèvement d'un arbre du massif (on suppose que les arbres dominés ont été exploités dans les éclaircies déjà faites), et par conséquent de son feuillage, a presque toujours pour résultat de former dans le couvert un trou, par où se projette sur le sol une plaque de lumière. Pour faire une véritable coupe sombre, il faudrait élaguer ou ébrancher les arbres réservés, ou même raccourcir seulement l'extrémité de leurs branches, de manière à ne laisser entre chaque houppier qu'une distance de 1^{m} environ au maximun.

Cette espèce de taille ou d'élagage, en relevant et diminuant le couvert, aurait forcément pour résultat une produc-

(1) D'après MM. Parade et Bagneris, une coupe est dite *sombre*, «quand les » branches latérales des réserves se touchent lorsqu'elles sont agitées par le » vent». Les arbres à enlever doivent, dans ce cas, ne pas avoir de cime, ou tout au plus un houppier de 1 à 2 mètres de diamètre au maximun, ce qui est bien rare, pour des arbres, dans des coupes préparatoires à l'ensemencement. Dans les coupes *espacées*, l'intervalle entre les cimes peut aller, d'après M. Bagneris, de 2 à 5 ou 6 mètres. Mais il faut admettre alors que les houppiers des arbres abattus n'ont que de 2 à 5 ou 6 mètres de diamètre. Or les dimensions de 2 à 5^{m} de diamètre paraissent bien restreintes pour des arbres de futaie, dans les coupes de régénération, même lorsqu'ils ont cru en massif serré.

Le tableau ci-dessous fait d'ailleurs connaître le nombre d'arbres par hectares, correspondant aux divers diamètres que peuvent présenter les houppiers ou cimes, en supposant un peuplement complet et uniforme.

Diamètre du houppier de chaque arbre.	Surface circulaire couverte par le houppier de chaque arbre.	Peuplement maximun à l'hectare, d'après la surface occupée par les houppies.
2 m. c.....	3.14	3153 arbres.
2 25.....	3.97	2519 —
2 50.....	4.90	2040 —
2 75.....	5.95	1679 —
3 ».....	7.06	1416 —
3 50.....	9.62	1039 —
4 ».....	12.56	791 —
4 50.....	15.90	629 —
5 ».....	19.63	509 —
5 50.....	23.75	421 —
6 ».....	28.27	353 —
7 ».....	38.48	260 —
8 ».....	50.26	198 —
9 ».....	63.61	158 —
10 ».....	78.54	127 —

tion plus abondante de semences. Elle permettrait, en même temps, une plus grande circulation d'air, de chaleur et de lumière diffuse, qui faciliterait la germination des semences disséminées sur le sol. Malgré ces avantages, cette opération est trop minutieuse et trop difficile pour être applicable à de grands massifs boisés.

Il serait bien plus simple et plus naturel de créer çà et là, dans le massif, de petites clairières ou trous en enlevant, en jardinant, soit de gros arbres dépérissants, soit deux ou trois jeunes brins rapprochés. On se conformerait ainsi davantage aux lois naturelles de la régénération des massifs boisés.

Il faut d'ailleurs remarquer que les trous ou les petites clairières se regarnissent par la germination des semences, qui se trouvent en abondance sous les vieux arbres ; en outre les jeunes plants exposés à la lumière directe, mais en même temps entourés de tous les côtés par le massif qui leur procure ainsi, suivant la situation, un certain abri et parfois un léger couvert, se trouvent dans de très-bonnes conditions de végétation. L'expérience confirme d'ailleurs cette pratique, et le succès des coupes jardinatoires, au point de vue du réensemencement naturel, n'est pas contestable.

Au fur et à mesure de l'ensemencement du terrain, et suivant le développement du jeune recru, on doit augmenter la quantité d'air et de lumière pénétrant jusqu'au sol, sans cependant trop diminuer l'abri, encore nécessaire aux jeunes plants. On obtient ce résultat soit par l'exploitation des arbres dont la cime est peu développée, soit en ébranchant convenablement ceux dont le houppier est trop volumineux.

On procède ensuite à la coupe définitive des arbres réservés comme porte-graines, soit en une seule fois à blanc étoc, soit à plusieurs reprises (1), lorque le jeune peuplement n'a plus rien à redouter du froid, ni des ardeurs de soleil.

Si par hasard la coupe d'ensemencement d'une essence d'ombre était trop claire, et que les jeunes plants ne puissent

(1) Dans les coupes secondaires et définitives, on doit prendre les précautions nécessaires pour que, dans leur chute, les arbres endommagent le moins possible les jeunes sujets, dont les tiges sont très-cassantes au printemps, au moment de la première végétation. On obtient ce résultat, soit en dirigeant la chute des arbres sur les points où les brins sont moins hauts et moins serrés, soit en enlevant au préalable les branches qui causeraient le plus de dégâts.

résister aux rayons du soleil, le mieux serait d'effectuer immédiatement la coupe définitive, et de repeupler artificiellement le terrain avec une autre essence, qui serait maintenue jusqu'à la fin de la révolution, plutôt que de repiquer des brins de haute tige, dont la reprise est parfois incertaine.

Dans l'exécution des coupes d'ensemencement naturel, on doit tenir compte de l'état et de la nature du sol, ainsi que de son degré de fraîcheur, parce que ces circonstances peuvent avoir une influence notable sur la germination des semences et la végétation des jeunes semis. Ainsi, par exemple, tel plant qui, dans un terrain sec, aura besoin d'un couvert complet, pourra se contenter d'un léger abri, lorsque la fraîcheur du sol lui permettra de compenser les pertes de liquide résultant d'une évaporation plus active.

Des modifications de même nature peuvent être la conséquence du degré de fertilité ou de perméabilité de la terre, de son exposition, de sa situation, etc. L'action du froid peut également, dans certains cas, être avantageuse en émiettant et soulevant la terre, et en la rendant ainsi plus meuble et plus perméable pour les racines. En outre, le soulèvement et le fendillement du sol par les gelées produit des crevasses, dans lesquelles les graines peuvent pénétrer, où elles se trouvent ensuite légèrement recouvertes, et dans d'excellentes conditions de germination.

Section V. — Des rejets de souches.

Les rejets de souches sont formés par le développement des bourgeons adventifs et proventifs excrus sur la souche, après la coupe de la tige ; c'est sur la faculté qu'ont certaines essences d'émettre des rejets de souche, avec plus ou moins de facilité et pendant une certaine durée, qu'est basée l'exploitation des forêts en taillis.

D'après M. Mathieu, on distingue les rejets suivant leur mode d'insertion sur la souche ; les rejets qui paraissent sur l'écorce sont dits proventifs, et on appelle adventifs ceux qui prennent naissance sur le bourrelet formé, après la section du tronc, entre l'écorce et le bois de la souche. Ces derniers ont une assise moins solide que les premiers, et sont assez facilement brisés ou détachés par les vents violents.

Pour que l'émission des rejets de souches ait lieu, il faut que les racines restées dans le sol puissent, après la section

du tronc et à l'aide des matériaux accumulés dans leurs tissus ligneux, fournir les éléments nécessaires à la production de nouveaux bourgeons, et au développement de la tige et des organes aériens de la nouvelle plante. Il en résulte que la force et la vigueur des rejets dépendent des substances dont la racine peut disposer. Or comme pendant l'hiver les tissus ligneux des arbres sont plus gorgés de sucs ou principes assimilables, il s'en suit que l'exploitation des taillis pendant la saison froide, ou avant la reprise de la végétation, semble présenter les conditions les plus avantageuses (1), au point de vue de la production des rejets de souches.

Au printemps, les racines puisent dans le sol les liquides destinés à dissoudre et transporter les substances emmagasinés dans les tissus ligneux pour former la sève; ces fluides, aspirés par les radicelles, cheminent à travers les tissus et les vaisseaux de la racine, puis arrivent à la section (2), par où ils peuvent s'écouler à l'extérieur. D'après M. Trécul, les sucs forment alors, autour de la troncature, un amas ou bourrelet de tissus utriculaires, destiné à nourrir les bourgeons proventifs qui naissent sur la partie externe des couches corticales.

Certains arbres à bois tendre, tels que le peuplier, émettent des bourgeons proventifs à l'extérieur de l'écorce et des bourgeons adventifs à l'intérieur, c'est-à-dire sur le bourrelet qui se forme entre les couches corticales et ligneuses.

Les bourgeons, d'autant plus nombreux que les souches sont plus vigoureuses, et les couches corticales plus jeunes, moins dures et moins épaisses, tendent naturellement à se développer le plus près possible du point d'extravasion et d'accumulation de la sève, c'est-à-dire sur la périphérie de la section du tronc.

Lorsque la tige d'un arbre est coupée à une certaine hauteur au-dessus du sol, les bourgeons qui se développent sur la portion du tronc laissée debout, donnent, dans ce cas, nais-

(1) Voir *infra* les observations relatives à la croissance des rejets de souches.

(2) L'évaporation qui se produit à la surface de la section de la tige peut aider ou provoquer le mouvement ascentionnel de la sève; ce résultat ne se produit pas sur les souches des arbres résineux, probablement parce que l'extravasion de la résine obstrue les canaux, et empêche ainsi la communication de l'évaporation.

sance à de véritables branches (1). Si au contraire la section a été effectuée rez terre, les rejets ne peuvent se produire qu'au collet de la plante, et ils émettent, alors des racines spéciales, qui leur assurent une assiette très-solide et une vitalité particulière. Ces rejets forment ainsi un nouvel arbre se suffisant à lui-même par ses propres organes.

En analysant ces phénomènes, il devient facile de comprendre les causes de la durée et du rajeunissement des souches dans les taillis ; les raisons de la disparition de leur pivot, ainsi que de leur disposition en couronne évidée au centre, et donnant naissance à des cépées vigoureuses (2), sur tout leur pourtour.

Pour que la sève arrive jusqu'au plan de section, il faut que celle-ci soit bien nette, et les vaisseaux séveux intacts. Mais lorsque ces canaux sont fendus ou déchirés plus ou moins profondément dans l'intérieur des tissus (3); lorsque le bois est écuissé ou l'écorce détachée (4), la sève ne pouvant plus, dans ce cas, arriver jusqu'à la surface de la section, s'extravase alors dans les fissures du corps ligneux, où elle fermente et devient par suite une cause de décomposition pour la plante. En outre, comme les bourgeons ne peuvent se développer qu'aux points où la sève arrive dans des conditions normales, il résulte de ces désordres que les rejets poussent à une certaine distance au-dessous de la section, en laissant à la partie supérieure un chicot de bois mort.

Lorsque une souche déchirée, écuissée ou fendue est en même temps exploitée très près du sol, les bourgeons ne peuvent alors se développer que sur les racines (5), et par voie de drageonnement ; dans ce cas, cette mauvaise exploitation

(1) Ce genre d'exploitation, qui correspond à l'élagage ou au couronnement des arbres, fait produire de fortes pousses, mais il ne régénère pas les racines. On ne doit donc l'employer qu'en cas de nécessité bien constatée.

(2) Voir plus loin, à ce sujet, les observations sur la croissance des rejets de souches.

(3) L'exploitation à la scie, qui ne coupe le bois qu'en déchirant les tissus, produit ce résultat; il en est de même du paturage des chèvres par suite du mouvement de leurs mâchoires.

(4) L'écorcement des bois sur pied offre cet inconvénient, si on n'a pas la précaution d'inciser ou de couper, au préalable, l'écorce au collet de la racine.

(5) Les bourgeons émis par les racines prennent, suivant les cas, les noms de drageon ou turion.

peut entraîner la mort de la souche, si les racines ne possèdent pas la faculté d'émettre des drageons.

Les rejets excrus sur des souches exploitées entre deux terres sont, par suite, insérés très bas et sur les racines mêmes ; ils ont, dans ce cas, l'avantage de mieux résister aux vents. Ce mode d'exploitation doit être adopté dans les régions exposés aux vents violents (1).

Beaucoup plus vigoureux que les jeunes brins de semis, les les rejets de souches ont cependant le même tempérament que l'arbre lui-même, relativement à la quantité de lumière nécessaire par leur croissance. Dans les coupes de taillis sous futaie, on doit tenir compte de cette observation, en ce qui concerne le couvert et le nombre des arbres à réserver.

Les rejets de souches sont en quelque sorte des branches émises par la partie souterraine du végétal ; ils produisent des fruits de très bonne heure, et bien avant les brins de semence, parce qu'ils peuvent accumuler, dans les tissus ligneux des racines, la quantité de substance nécessaire pour leur fructification. On s'explique ainsi parfaitement la perpétuité des taillis simples qui, malgré la jeunesse des bois, peuvent quelquefois s'entretenir au moyen des semences produites par les brins de l'âge (2).

La faculté d'émettre des rejets de souche paraît varier, pour chaque essence, suivant la nature du terrain (3) et différentes autres circonstances (4). D'après les observations de Pfeil, les racines de hêtre donnent des rejets jusqu'à l'âge de 60 ans environ, dans les terrains calcaires, et jusqu'à trente ans seulement dans le sable ; les terrains sablonneux arrêtent, vers l'âge de 30 à 40 ans, la faculté qu'ont les chênes de repousser de souche, tandis qu'ils l'augmentent pour le charme, surtout

(1) Ce mode d'exploitation est très-usité pour le chêne vert, dans les régions où le vent dit Mistral souffle avec violence.

(2) Les rejets de souches des chênes yeuses produisent des glands fertiles dès l'âge de 2 ans.

(3) Voir les observations sur les terrains et sur le sable en particulier.

(4) On observe parfois, dans les coupes de taillis, des souches qui paraissent rester un an sans végéter, et qui ne portent des rejets que la seconde année ; ce fait parait inexplicable. Mais il est possible néanmoins que certaines souches, dont les rejets ont disparu par suite d'une circonstance fortuite, aient pu vivre pendant une année sans organes foliacés, à cause de la soudure souterraine de leurs racines avec celles des souches voisines, ce qui aurait ainsi entretenu la vitalité de leurs tissus, malgré l'absence d'organes aériens.

lorsque le sable est mélangé d'un peu d'humus. Les racines de bouleau, qui émettent des rejets de souches jusqu'à l'âge de 40 ans dans un sol argileux, perdent cette faculté vers l'âge de 20 ans, lorsqu'ils végètent dans le sable. Les racines de l'aune ne donnent plus de rejets de souche vers l'âge de 30 ans, lorsque cet arbre est situé dans un sol ferrugineux.

Il semble donc démontré que les terrains sablonneux diminuent, ou enlèvent aux souches la faculté d'émettre des rejets à un certain âge ; cela peut expliquer en partie le mauvais état de croissance des taillis situés dans ces terrains, qui dès lors ne conviennent pas aux forêts soumise à ce genre d'exploitation.

On a également remarqué que l'appauvrissement des bois traités en taillis est d'autant plus prompt que les exploitations sont plus rapprochées, et c'est à cette cause que l'on attribue la disparition plus rapide du chêne, dans les taillis exploités à l'âge de 12 à 15 ans, que dans les bois coupés à 25 ou 30 ans (1). Comme la vigueur du recru dépend de la quantité de substance accumulée dans le corps ligneux de la racine, et par suite de la dimension de cette dernière, il est certain que, pour assurer la perpétuité des rejets, il faut, lorsque les essences ont une croissance lente, adopter une révolution pouvant permettre aux organes souterrains de se développer, et d'emmagasiner les éléments nécessaires à une production vigoureuse du recru. On doit donc tenir compte de cette observation pour la fixation de la durée de la révolution des forêts exploitées en taillis.

CHAPITRE V

Organes de support

Section I. — Composition du corps ligneux en général

D'après les découvertes paléontologiques, les arbres ont succédés aux plantes herbacées dans l'ordre graduel d'apparition des formes végétales, mais on manque d'indication sur

(1) Voir : La disparition du chêne dans les forêts du Nord et du Nord-Est de la France, par M. Bouquet de la Grye, conservateur des forêts. — *Revue des eaux et forêts, Décembre 1878.*

la question de savoir si les tiges ligneuses ne sont qu'une transformation des tiges herbacées, ou bien si elles ont une création, et un point de départ spécial.

Les alternances de sécheresse et d'humidité développent la substance ligneuse (1) des jeunes plantes, mais il faut pour cela que la sécheresse fasse un peut flétrir les feuilles, afin de déterminer une rétrogradation des éléments contenus dans ces organes pour les faire passer dans la tige; sous l'influence de l'humidité, les feuilles reprennent ensuite leurs fonctions, et recommencent à former une nouvelle quantité de substance alimentaire, pour remplacer celle qui a été fixée dans les rameaux et transformée en ligneux. On comprend ainsi que l'établissement de la variation des saisons et des températures a pu influer considérablement sur la fixation et le développement des espèces végétales arborescentes.

Au point de vue du progrès de la production végétale, ainsi que de l'amélioration du sol, il est certain qu'une tige ligneuse, élevant dans les airs ses organes foliacés, et permettant ainsi à d'autres plantes herbacées ou frutescentes de se développer sous la projection verticale d'un arbre, a pour résultat d'augmenter la production organique susceptible de se manifester sur la même surface. En ne considérant que les lois naturelles végétales, on est donc à peu près forcé d'admettre que les arbres sont le dernier terme de l'expansion de la force végétative. D'un autre côté, puisque les végétaux ont uniquement pour but d'améliorer, de fertiliser et de rendre la terre habitable, il faut en conclure que la formation, chez diverses espèces végétales, d'un tronc ligneux plus ou moins élancé, n'a d'autre objectif que la production de plusieurs étages de végétation superposés de manière à pouvoir se développer sur le même espace de terrain. La portion ligneuse des arbres ne doit donc être considérée que comme un organe de support de son appareil aérien, et totalement dépourvu de l'activité vitale proprement dite (2).

---

(1) Ce fait a été observé dans les plantations de cinchonas, dans l'Inde.

(2) Ce qui prouve que le tissu ligneux est dépourvu d'activité vitale, c'est sa privation de la faculté de cicatriser les plaies qu'il reçoit. Les blessures faites aux couches corticales se cicatrisent, c'est-à-dire que les tissus se rejoignent, mais il n'en est pas de même pour le corps ligneux ; les blessures qu'il reçoit sont parfois recouvertes par l'écorce, mais elles existent toujours par dessous et la substance ligneuse enlevée n'est jamais remplacée par une nouvelle formation provenant des tissus ligneux voisins.

La tige des végétaux arborescents est généralement formée par un *tronc* (1) ligneux, conique et se subdivisant en branches et rameaux, sur lesquels poussent les feuilles, fleurs et fruits. Elle est formée par une écorce extérieure et une masse ligneuse disposée en couches plus ou moins concentriques (2) superposées, les plus récentes étant les plus extérieures.

Le tissu ligneux (bois) est ordinairement composé de cellules ou de fibres ligneuses, et de vaisseaux traversés par des rayons médullaires ; le bois des arbres résineux ne contient pas de vaisseaux, et les rayons médullaires y sont en général assez petits. Les formations ligneuses, qui s'effectuent par la segmentation des cellules vivantes situées entre les couches ligneuses et corticales, diffèrent suivant l'époque de la végétation (3). Le bois formé au printemps est plus lâche et renferme ordinairement plus de vaisseaux ; le bois d'automne est au contraire plus compacte et contient plus de fibres. Les cellules, dans le bois de printemps, sont plus larges que dans le bois d'automne qui, pour cette raison, est un peu plus dense.

Les diverses formations annuelles ligneuses et corticales subissent des transformations successives qui les modifient profondément. La densité et la dureté (4) du bois augmentent beaucoup par suite de l'accumulation dans ses tissus d'une substance spéciale, le *ligneux* ou *xylogène*, d'après M. Duchartre.

La lignification complète des couches les plus internes, ce qui constitue la formation du *bois parfait*, *bois de cœur*, *duramen*, paraît être le résultat d'un phénomène spécial et différent de celui la végétation, puisque, d'après cet auteur, on a observé (5) que dans certains arbres des couches annuelles

---

(1) La tige ligneuse des monocotylédones tropicales prend le nom du *stipe*. Cette tige et généralement simple, cylindrique et porte au sommet un faisceau de feuilles; l'écorce n'est pas distincte du bois, qui est formé de fibres éparses dans un amas de tissu cellulaire.

(2) D'après Duhamel et Buffon, l'excentricité que l'on remarque dans les couches ligneuses est occasionné par la situation des racines et l'abondance de la sève; l'exposition n'a aucune influence sur cette déformation des couches.

(3) V. *infra*, Section VI, § 1. — *Croissance des arbres en général.*

(4) D'après Buffon, l'aubier du chêne et de 1/7 moins fort que le cœur de l'arbre.

(5) Buffon a remarqué qu'un chêne de 46 ans avait d'un côté 20 couches d'aubier et 14 seulement du côté opposé; ces dernières étaient d'un quart plus épaisses que les autres.

présentaient d'un côté la coloration du bois parfait, tandis qu'elles conservaient, de l'autre côté du tronc, la couleur de l'aubier, c'est à dire du bois de nouvelle formation. Lorsque le bois parfait est distinct de l'aubier, ce dernier est d'autant plus mauvais comme qualité que le bois parfait est meilleur.

Ordinairement la transformation de l'aubier en bois parfait s'effectue lentement et peu à peu, par le simple effet de la marche de la végétation (1), mais on peut, dit-on, hâter cette lignification complète, en écorçant l'arbre un an avant son abatage. Ce moyen de transformer rapidement le bois d'aubier en bois de cœur, connu depuis longtemps et indiqué par Vitruve, s'explique en ce sens que l'arbre écorcé ne pouvant plus former de nouvelles couches ligneuses, tous les matériaux absorbés par les racines et élaborés par les feuilles s'accumulent forcément dans l'aubier, et le transforment par suite en bois parfait (2).

Tous les arbres ne présentent pas au même degré, ni dans la même proportion, le bois de cœur ou parfait, et le bois jeune ou d'aubier. Dans les essences à bois blanc (saule, peuplier, etc.) et à bois demi-dur (hêtre, charme, érable, bouleau, etc.), la masse ligneuse centrale ne se modifie pas par l'accumulation du *ligneux*, et l'aubier se confond avec le restant de bois. Certains arbres résineux, tels que le sapin et l'épicéa, n'ont pas un aubier distinct (3), ce qui permet l'emploi des tiges en entier, sans déchets pour l'équarissage; le bois de pin sylvestre est composé, au contraire, d'un aubier blanc pâle de médiocre qualité, et d'un bois de cœur parfois rose ou jaune ; le mélèze a une couche de bois d'aubier très mince; dans le pin d'Alep, le bois de cœur est souvent très imprégné de résine, ce qui constitue le *bois gras*.

La circulation de l'eau, dans la tige des arbres, s'effectue par les éléments lignifiés, et de préférence par les vaisseaux,

---

(1) Un pin Laricio de	77 ans a présenté	65	couch. d'aubier et	12 de bois parf.
—	90	—	73	—	17	—
—	223	—	129	—	94	—
—	554	—	382	—	172	—

(A. Mathieu. — *Cours de botanique professé à l'école forestière*).

(2) Le bois ainsi traité est, d'après M. A. Mathieu (*Cours de botanique professé à l'école forestière*) très-corruptible, très-sujet à la vermoulure, sans élasticité et très-cassant.

(3) Le bois de sapin est uniforme et blanchâtre.

à l'exclusion de la moelle, des rayons médullaires et de l'écorce (1). Mais par suite de sa lignification le bois de cœur ou duramen livre difficilement passage à la sève ; d'un autre côté, chez les arbres où le bois parfait ne se produit pas, la circulation des liquides s'effectue constamment dans toute la masse ligneuse.

La production ligneuse des végétaux est le résultat de la double fonction des feuilles et des racines (2) ; les premières absorbent une partie des éléments gazeux de l'atmosphère, réservoir uniforme pour tous les végétaux, tandis que les racines puisent dans le sol les autres principes nécessaires à la formation du bois.

La masse du corps ligneux proprement dit contient de l'amidon (3) et les matières qui en dérivent ; ce composé, qui se rencontre dans tous les tissus en voie de développement, dans les parties jeunes des feuilles et dans les bourgeons, disparait au fur et à mesure de l'épanouissement et de l'alongement de ces organes. D'après les recherches d'Arthur Gris, l'aubier du bois est la zône ligneuse active dans laquelle s'accumule l'amidon destiné à la production de l'année suivante (4), et le duramen, ou cœur de bois est la partie centrale du végétal, qui a perdu la faculté de recevoir et d'emmagasiner l'amidon; on peut la considérer comme inerte, c'est-à-dire n'ayant plus aucune activité organique.

On voit donc que la tige ligneuse, ou tronc des arbres est en réalité un appareil complexe, une organe mixte servant à la fois de support, de réceptacle et de communication. Le bois de cœur ou duramen, qui n'a plus aucune activité vitale, et au travers duquel les rayons médullaires servent de trait d'union ou de moyen de communication entre l'étui médullaire et les

---

(1) Voir *Traité de botanique*, par SACHS, traduction par VAN TIEGEN.

(2) Ce point est mis hors de doute par la composition des tiges du Gui, qui vit en parasite sur les arbres, et s'y comporte comme une plante dans le sol. M. Grandeau a reconnu que le bois des tiges du Gui diffère de celui des essences sur lesquelles il croit, mais qu'il varie cependant suivant les essences auxquelles il emprunte une partie de sa nourriture.

(3) D'après M. Prilleux, le bois abattu pendant le repos hibernal contient en abondance de la fécule amassée sous forme de grains dans les cellules soit des rayons médullaires, soit du parenchyme ligneux.

(4) La preuve de ce fait semble résulter de l'avantage qu'il y a de choisir, pour les boutures des arbres, un rameau lignifié (août), parce que ce n'est que dans sa portion ligneuse qu'une bouture peut trouver les premiers éléments de sa végétation. Pour les plantes herbacées cette condition n'existe pas.

autres tissus, est uniquement l'axe ou le support du végétal. L'aubier est surtout la couche active dans laquelle viennent s'emmagasiner, chaque année, les principes amylacés élaborés par les feuilles, et destinés à être mis en œuvre au printemps, pour les premiers développements de la plante. Les couches corticales vivantes, qui recouvrent le corps ligneux d'une enveloppe protectrice, servent à la fois d'organe de communication et de véhicule pour la circulation des liquides et des sucs entre les racines et les feuilles, ainsi que pour la résorption des substances élaborées ; elles sont en outre le siège spécial de la formation des nouvelles couches ligneuses, destinées à accroître et à fortifier, au fur et à mesure du développement du branchage, l'axe qui le porte.

Les parties les plus jeunes et les plus nouvellement formées dans les végétaux contiennent des principes azotés et des matières protéiques. D'après les travaux de M. Payen, tous les jeunes organes foliacés, florifères ou fructifères, plus directement alimentés par la sève élaborée, renferment en abondance des corps azotés (1), même lorsque les stomates et les parties vertes ne sont pas encore développées. On a ainsi reconnu que la quantité de matières organiques renfermées dans les organes aériens des végétaux est en raison directe de leur faculté de développement, et en raison inverse de leur âge.

Les qualités du bois varient avec les espèces et les conditions de la végétation. La densité (2) augmente avec l'abondance du feuillage et, par suite de l'exposition méridionale (3); l'élasticité, la force et la solidité qui, pour le bois de chêne, sont la conséquence d'une croissance rapide, ne se manifestent au contraire, dans les bois résineux, qu'avec une végé-

(1) La teneur des bois en substance azotée est très-variable (peuplier 4,43. — pin 14,9 p. 0/0); la moyenne varie de 3 à 6 p. 0/0. — Les sciures de bois sont, à cet égard, plus riches que les pailles employées comme litière.

(2) D'après M. Violette, les bois réduits en poudre et purgés d'air ont tous sensiblement la même densité, puisque l'écart entre le bois de fer et le bois de chêne d'une part et les bois de bourdaine et de peuplier varie entre 1,49 et 1,52. On serait donc en droit d'en conclure que la densité du bois dépends de la combinaison de ses cellules et de la porosité du corps ligneux,

(3) Dans le midi de la France, on a reconnu que le chêne ayant cru aux expositions méridionales donne un excellent combustible, tandis que les arbres de cette essence venus au nord brûlent mal, se charbonnent et donnent une braise ou un charbon qui dure peu. Ce phénomène n'a pas encore reçu une explication suffisante.

tation lente (1). Enfin plus le bois est parfait, mieux il résiste aux influences de la chaleur et du froid.

D'après diverses analyses chimiques, le corps ligneux, ordinairement désigné sous le nom de bois, est un composé très-complexe, dont les éléments peuvent être divisés en substances organiques et substances inorganiques ou minérales, réparties le plus ordinairement et en moyenne dans les proportions suivantes :

Substances organiques	Carbone (2)	48
	Oxygène	42
	Hydrogène	6
	Azote	1
Substances inorganiques	Cendres	3
		100

La substance organique du bois se compose de cellules, ou corps cellulosique disposé de diverses matières et contenant différentes substances. Le corps cellulosique comprend, d'après les recherches de MM. Frémy, Pelouze, Peligot et Payen, savoir :

1° La cuticule et le liége dont la composition spéciale se rapproche des corps gras.

2° La cellulose proprement dite dont les éléments sont.....

Sous l'influence d'un acide, la cellulose se transforme en amidon, en dextrine et en sucre ; sa formule est C 12, H 10, O 10.

Elle se divise en :

Xylose	Paraxylose	Fibrose	Medullose	Dermose
La xylose forme le tissu des fibres corticales racines, feuilles, etc.	La paraxylose forme le tissu utriculaire et celui de la moelle.	La fibrose forme le tissu des fibres ligneuses.	La medullose constitue le tissu des cellules des rayons medullaires.	La dermose forme le tissu des cellules épidermiques.

AMIDON	L'amidon ou fécule, sous l'action de la diastase, se convertit en dextrine et en glucose ; sa formule est C 12, H 10, O 10.
SUCRE	Le sucre, sous l'influence de la chaleur, de la zimase et de la levûre de bière, se transforme en glucose et en mannite; sa formule est C 12, H 11, O 11
GLUCOSE	Le glucose formé dans les feuilles se transforme, par fermentation, en mannite et en ulmine ; sa formule est C 12, H 12, O 12.
GOMME	La gomme, sous l'action des acides, se transforme en dextrine et en glucose; sa formule est C 12, H 14, O 10.

(1) La croissance lente produit des fibres ligneuses plus étroites, plus serrées, plus nombreuses sur un même espace et enfin mieux lignifiées ; c'est là, comme l'ont montré M.M. Bravais et Martins, la cause de la supériorité des pins de Norwége, et notamment ceux de Geffle, dans lesquels les couches ligneuses annuelles dépassent rarement un millimètre ($0^{m}001^{mm}$) d'épaisseur.

(2) Le carbone fixé par année et par hectare de forêt est, d'après M. Ebermayer de 3040 kil. en moyenne, dont 1667 pour le bois et 1373 pour les feuilles. D'après M. Liebig, un hectare de forêt ne produirait que 2012 kil. de carbone, mais ce chiffre est trop faible.

Les tissus formés par la cellulose renferment également une matière incrustante (1) ou ligneuse, désignée sous le nom de *corps épiangiotique*.

Le bois contient, en outre du corps cellulosique, plusieurs autres substances diverses savoir :

1° Le tanin (2);

2° Les matières grasses, (huile, glycérine, etc.);

3° Les matières colorantes (chlorophylle, etc.);

4° Les résines et les essences (3);

5° Les matières azotées ou protéiques (caséine, albumine, fibrine, etc.).

Les substances inorganiques ou minérales du bois proviennent des éléments minéraux qui ont été absorbés, déposés ou fixés dans les tissus, pendant la végétation ; elles constituent les *cendres* (4), résidus de la combustion des bois après l'évaporation des éléments gazeux, et dans lesquelles on trouve en général les corps suivants : phosphore, soufre, chlore, fer, silice, manganèse, chaux, magnésie, soude et potasse (5).

---

(1) Le dépôt des matières incrustantes, dont se pénètre le bois parfait, est nécessaire pour donner plus de solidité au tronc, afin de lui permettre de supporter facilement le poids des branches et des feuilles, devenant de plus en plus considérable, au fur et à mesure de l'accroissement des arbres.

(2) Le tanin est plus abondant dans les couches corticales, et surtout dans les écorces jeunes que dans le bois; la proportion de ce produit s'accroit suivant la fertilité du sol et l'exposition méridionale.

(3) M. Burger (*Asséchement du sol par les résineux. — Revue des eaux et forêts 1869 et 1877*) rapporte la formation des sucs propres, résines etc., à l'eau absorbée par les racines et décomposée par les pins. Cette opinion semble contestée dans une lettre de M. Poucin où il est dit que : « La production de la résine serait en proportion avec le développement des houppiers », d'où on pourrait en conclure que le pin puise dans l'air une partie de l'hydrogène nécessaire à la formation des hydrates de carbonne, tels que résine, colophane, etc. Il est vrai d'autre part que l'absorption de l'eau par les racines étant proportionnée à l'évaporation des organes foliacés, un houppier développé peut ainsi augmenter la quantité de liquide absorbé par les arbres; ces deux assertions ne sont pas absolument contradictoires.

(4) La proportion de cendre fournie par les bois varie suivant les essences, les conditions de la végétation et les différentes parties de végétal ; on l'évalue depuis 0.40 jusqu'à 3. 4 et 5 p. °/₀ .

Comme, d'après M. G. Ville, c'est l'intensité de l'évaporation à la surface des organes qui détermine la quantité des matières minérales qui s'y concentrent, la proportion et la composition des cendres de végétaux ne peut pas, comme on l'avait d'abord pensé, servir à élucider les questions relatives à l'affinité des plantes pour certaines natures de sol.

(5) M. G. Ville a reconnu que les végétaux et les animaux étaient composés

Ces éléments minéraux (1) sont indispensables aux végétaux. Les recherches les plus récentes de la chimie organique ont permis de constater que la quantité de ces substances, très irrégulièrement réparties d'ailleurs, est toujours plus grande dans les tissus herbacés que dans le bois, et dans les parties vivantes des plantes que dans celles qui ont perdu leur activité végétale (2).

C'est l'intensité de l'évaporation, à la surface des organes foliacés, qui y détermine la plus ou moins grande concentration des matières minérales. D'après Th. de Saussure, les feuilles des arbres verts évaporent moins que celles des arbres à feuilles caduques ; elles renferment aussi moins de principes minéraux, et produisent par conséquent moins de cendres. C'est par la même raison que les gousses des légumineuses, plus en rapport avec l'atmosphère, contiennent plus de principes minéraux que les graines.

Sous l'action du double phénomène de l'évaporation et de la diffusion, les dépôts des matières minérales sont plus considérables dans les parties extérieures, feuilles et écorce, que dans l'intérieur du corps ligneux ; leur taux augmente également à mesure que l'on s'éloigne davantage des racines, où l'on a constaté leur minimum. En résumé, les matières miné-

---

des mêmes éléments organiques (carbone, hydrogéne, oxygéne et azote) et minéraux (phosphore, soufre, chlore, fer, silice, manganèse, chaux, magnésie, soude et potasse) ; et que les matières ou produits de transition désignés sous le nom d'hydrate de carbone et matières albuminoïdes (albumine, caseine et fibrine) ont, chez les végétaux et les animaux, une identité de composition remarquable.

(1) On a évalué à 50 kilogrammes environ, la quantité de substance minérale (sels terreux) que l'exploitation d'un hectare de taillis (hêtre, chêne, tremble, saule, etc.), enleve au sol, et qui constitue les cendres résultant de l'incinération du bois.

Dans les futaies cette quantité serait, d'après M. Ebermayer, et pour le bois seulement de 29 k. 60 pour le hêtre, de 22 k. 56 pour l'épicéa et de 16 k. 54 pour le pin.

(2) D'après les analyses du docteur Schrœder (*Journal d'agriculture pratique. — La nutrition minérale des végétaux*, par M. Grandeau) faites sur deux rameaux de même grosseur, pris sur le même arbre, mais dont l'un était vigoureux, tandis que l'autre était mort, il résulte que la potasse et l'acide phosphorique existent en beaucoup plus grande quantité dans le bois vivant que dans le bois mort. Le même fait a été observé sur les écorces caduques, beaucoup moins riches en principes minéraux que les écorces vivantes. On peut donc en conclure que la migratien des principes, qui s'effectue de feuilles mortes aux branches vivantes, a également lieu des branches et de l'écorce morte par rapport à tout le corps ligneux vivant.

rales ont une tendance à se transporter de la racine aux branches et du centre de l'arbre à la circonférence, de telle sorte que le bois parfait et les racines sont les parties les plus pauvres en principes minéraux incombustibles, c'est-à-dire en cendres.

La différence de la composition des cendres provenant des racines, de l'aubier, du bois parfait, de l'écorce et des feuilles (1) s'explique ainsi parfaitement, et l'on comprend que l'analyse chimique du bois de différents arbres, tout en indiquant leur composition, décèle moins leur affinité ou leurs besoins que le terrain où ils ont crus, et les circonstance de leur végétation (2).

Il résulte enfin des recherches de M. G. Ville que : 1° les sels terreux prédominent dans les cendres des tiges et les sels alcalins dans les graines, les fruits et les tubercules (3); que les alcalis, et notamment la potasse, se trouvent en quantité croissante, à mesure que l'organe dont on l'extrait est plus voisin de la graine (4) ;

---

(1) D'après les recherches de M. Ebermayer, le taux pour cent des cendres des feuilles diminue pour la même essence, toutes choses égales d'ailleurs, d'une façon remarquable, au fur et à mesure que l'on s'élève au-dessus du niveau de la mer. Voici le résultat des expériences pour trois essence.

HÊTRE.		ÉPICÉA.		MÉLÈZE.	
Altitude.	Taux p. 0/0 de cendre.	Altitude.	Taux p. 0/0 de cendre.	Altitude.	Taux p. 0/0 de cendre
1344m	— 3.94	1110m	— 3.58	1068m	— 2.49
685	— 5.52	915	— 5.43	880	— 2.77
324	— 6.70	730	— 6.25	476	— 3.57
237	— 6.97	130	— 10.19	117	— 6.02

Le même fait a été constaté pour l'herbe des prairies : l'herbe des paturages élevés laisse 2.91 p. 100 de cendres, tandis que celle des prairies basses en donne en moyenne 6.02 (*Journal d'agriculture pratique. — La nutrition minérale des végétaux* par M. GRANDEAU).

(2) Comme, d'après les observations de M. I. Pierre, les feuilles vertes contiennent les matières destinées à servir d'aliment aux graines en voie de formation, et que les feuilles sèches ou mortes ne renferment que des matériaux inutiles à la plante, et passés quelques fois à l'état insoluble, il en résulte que pour étudier la question de l'influence chimique du sol sur la composition des plantes, on ne doit prendre que des tissus passés à l'état parfait, tels que ceux des tiges ou des graines.

En ce qui concerne la silice, rare dans les organes jeunes et qui s'accumule au contraire dans les tissus vieux, son abondance est en raison inverse de l'activité vitale de la partie du végétal examiné.

(3) Les sels terreux sont moins solubles que les sels alcalins, et ces derniers sont en outre nécessaires à la dissolution de l'acide phosphorique, qui se transporte dans les jeunes pousses et ensuite dans la graine (G. VILLE).

(4) D'après une analyse, la quantité de potasse trouvée dans les diverses par

2° L'acide phosphorique se rencontre en quantité presque égale, mais faible dans toutes les parties du végétal, excepté dans la graine, où il se trouve en abondance (1).

Section II. — Des couches corticales.

La partie externe des végétaux, désignée sous le nom d'écorce ou couches corticales, présente des caractères extérieurs variés suivant les essences (2), et renferme plusieurs couches, aussi différentes par leur composition que par leurs fonctions.

Tout à fait à l'extérieur, on trouve d'abord un premier tégument très-variable d'aspect, et ordinairement désigné sous le nom d'*épiderme ;* ce n'est là qu'une enveloppe protectrice destinée à garantir, dès le début et avant la formation de la couche subéreuse, les tissus vivants subjacents. L'épiderme est recouvert d'une formation spéciale nommée *cuticule*, élastique et imperméable. Cette membrane se distant, au fur et à mesure du grossissement du tronc, tant que ses tissus sont encore jeunes et perméables au suc séveux.

Lorsque par suite des progrès de la végétation les couches externes se sèchent, elles deviennent alors inertes, rigides, rugeuses et se fendillent sous l'action du grossissement des couches ligneuses internes. Tant que l'épiderme n'est pas

---

ties d'un pin sont les suivantes : bois, 7.20 p.°/o; feuilles, 13; cônes vides, 20-40 ; graines, 20.60: c'est-à-dire que la potasse émigre des parties vieilles et inertes vers les parties jeunes et vivantes. La soude ne remplace pas la potasse parce que le phosphate de soude ne redissous pas un précipité de phosphate de chaux (G. Ville).

La potasse et un des éléments les plus importants de la nutrition des végétaux, ainsi qu'il résulte des observations de MM. Nobbe, Schrœder et Erdmann. V. Liv. II, chap. I, page 43.

(1) L'acide phosphorique est plus abondant dans les parties jeunes que dans les organes vieux des végétaux.

(2) Les principales essences peuvent se classer ainsi qu'il suit, suivant les caractères extérieures de l'écorce arrivée à son état de maturité.

Ecorce *rugueuse et gerçurée.* — Chêne rouvre, pédonculé et tauzin, Châtaignier, Sapin, Bouleau, Saule, Peuplier, Orme, Frêne, Robinier, Erable, Tilleul, Pin maritime, etc.

Ecorce *écailleuse.* — Epicéa, Cèdre, Mélèze, Pin sylvestre, Pin laricio, Pin maritime, Pin d'Alep, Orme, Sorbier, Olivier, Erable.

Ecorce *subéreuse.* — Chêne liège, Chêne occidental, Bouleau, Orme champêtre, Erable champêtre, etc.

Ecorce *caduque.* — Aune, Erable, Platane, Eucalyptus, etc.

Ecorce *lisse et mince.* — Hêtre, Charme, Coudrier, Aune, Platane, etc.

fendu, l'écorce conserve sa couleur naturelle, parce que les liquides extérieurs n'ont pas pénétré dans les tissus sous-jacents; mais dès que, à travers les fissures de l'épiderme, l'humidité peut s'infiltrer dans les couches intérieures, leur coloration change par suite de la décomposition du tanin renfermé dans les tissus, et les premiers signes de décomposition se manifestent.

Sous l'épiderme, se trouve une seconde zône ou enveloppe constituée par une substance subéreuse qui, chez certains végétaux, donne lieu à une production particulière connue sous le nom de *liége* (1). La matière subéreuse, ou les cellules subérisées commencent à se montrer, sous l'épiderme, vers la troisième année de la végétation; d'abord molle et jaunâtre, la formation subéreuse ne devient souple et élastique qu'après sa dessiccation. Lorsqu'on a enlevé la première couche, la nouvelle formation annuelle du liége se produit dans la couche libérienne, ou à la surface externe de l'enveloppe herbacée (cellulaire), et elle a lieu régulièrement sur toute la circonférence de l'arbre. Le liége constitue un corps inerte dans les couches corticales (2).

L'air et la lumière doivent jouer un certain rôle dans la production du liége, puisque toutes les blessures faites à un tissu végétal organisé se recouvrent d'une formation subéreuse (3). On peut conclure de ce fait que la matière subé-

---

(1) Les parois des tissus subéreux dit M. Sachs, résistent aux influences les plus diverses; semblables aux couches cuticularisées de l'épiderme par toutes leur propriétés physiques, extensibles, élastiques, difficilement perméables à l'air et à l'eau, leurs cellules perdent de bonne heure leur contenu protoplasmique et se remplissent d'air.

« Le liége, ajoute le même auteur, est produit par les bipartitions répétées » tantôt, mais rarement, des cellules épidermiques elles-mêmes, tantôt et le » plus souvent des cellules des tissus sous-jacents. Ces divisions ont lieu par » cloisons parallèles à la surface de l'organe..... Des deux cellules nouvellement » formées de chaque série radiale, l'une demeure à paroi mince, pleine de » protoplasma et capable de se diviser de nouveau; l'autre, au contraire, se » subérifie et devient une cellule de liège..... Le liége se forme de dehors en » dedans, et c'est sur la face interne de la couche subéreuse déjà formée que » le phellogène (couche génératrice du liége) en forme sans cesse de nouvelles. » .....Le liége s'accroît sans cesse par sa face interne, et à laquelle on donne le nom de periderme (*Traité de botanique*, par J. SACHS. — Traduction de Van TIEGEN).

(2) Voir—*Culture, exploitation et aménagement du chêne-liége en France et en Algérie*, par M. Antonin ROUSSET, garde général des forêts. — 1859.

(3) A l'époque de la chute des feuilles, l'ouverture existant au point de l'arti-

reuse est destinée à former, chez les végétaux, une couche essentiellement obturante et cicatrisante, dont la vitalité disparaît après sa formation ; cela explique alors l'absence de vaisseaux dans ce tissu, et le peu de vitalité de ses cellules.

Le liége ne produit et ne renferme pas de principes nutritifs pour les plantes. Comme par suite de son imperméabilité, il oppose un obstacle absolu à la circulation et à la diffusion, tout ce qui se trouve en dehors d'une couche subéreuse est absolument séparé, et sans communication avec les autres tissus végétaux intérieurs.

Le chêne-liège est le seul végétal dont la couche subéreuse donne lieu à une exploitation industrielle. Le mode de constitution et de formation de cette enveloppe explique parfaitement comment son enlèvement peut s'effectuer sans inconvénient pour l'arbre, et pourquoi, après le démasclage, c'est à dire après la levée du liége formé, la croissance du liège de nouvelle formation, dit de *reproduction,* est plus rapide, pendant les premières années.

D'un autre côté, il est certain que si on décortique un chêne-liége entièrement, ou sur une trop grand surface, ce dépouillement exagéré peut amener, dans sa circulation ou son évaporation, une perturbation générale capable d'occasionner la mort de l'arbre.

La nature de la formation subéreuse varie suivant les conditions de la végétation ; aussi le liége est-il gras, crevassé et à gros grains, dans les terrains humides et froids, où la végétation moins active forme des tissus plus mous, et où les cellules plus grosses sont par conséquent moins complètement subérisées. Aux expositions méridionales, le liège est plus fin. On a même remarqué que, sur le même arbre, les planches de liége enlevées du côté exposé au soleil étaient plus fines, et mieux organisées que celles provenant du côté de l'ombre, Le liége se récolte à l'âge de 8 à 12 ans, dès qu'il a l'épaisseur exigée pour les usages du commerce et de l'industrie.

L'épiderme et la couche subéreuse constituent, en quelque sorte, ce qu'on pourrait appeler l'*écorce* proprement dite,

---

culation ou de l'insertion du pétiole sur la tige est immédiatement recouvert par la formation d'une couche subéreuse, qui vient ainsi cicatriser et fermer complètement l'orifice par lequel les canaux du pétiole étaient en communication avec les tissus de la tige.

c'est-à-dire l'enveloppe protectrice destinée à garantir et à mettre à l'abri des agents extérieurs les tissus vivants des couches internes et le corps ligneux.

L'écorce exerce une certaine compression sur le corps ligneux ;la résistance qu'elle oppose au grossissement du tronc peut être évalué à peine au 1/4 ou au 1/5 de la force de la végétation (1), parce que les cellules des tissus du côté externe n'ayant pas, comme du côté interne, un point d'appui contre les couches ligneuses, leur action dépend alors seulement du durcissement et de la rigidité de cette enveloppe.

Comme l'écorce n'est pas élastique et ne peut pas glisser, elle se fendille forcément de tous les côtés, pour permettre le développement interne du corps ligneux. Cette observation montre combien est peu judicieuse la pratique des jardiniers, ayant pour objet de fendre longitudinalement l'écorce, afin de faciliter le grossissement général des tiges : cette fente ne peut en effet avoir une action directe et favorable que sur le seul point de la périphérie de l'arbre ainsi ouverte, et nullement sur tout son contour.

En dedans de la couche subéreuse, dans la zône interne, et tout à fait en contact avec le corps ligneux se trouve une portion de tissus nommée, suivant les auteurs, *liber*, *zône génératrice, couche herbacée, couche cellulaire*, *cambium*, etc., qui est le siége principal de la formation du bois. Cette enveloppe vivante, organisée et composée de tissu cellulaire ne se transforme jamais complètement en ligneux; elle s'accroit du dehors au dedans, par la segmentation des cellules, de telle sorte que les plus vieilles productions sont les plus externes, et les plus nouvelles sont au contraire à l'intérieur, tout à fait juxtaposées avec la couche des cellules composant la nouvelle formation ligneuse.

On voit donc, ainsi qu'on l'a déjà dit, que les couches corticales constituent une enveloppe protectrice et vivante du corps ligneux,dont les fonctions multiples et essentielles sont de mettre en communication entre eux les racines, les feuilles et l'aubier, soit pour la circulation des liquides, la résorption des sucs élaborés et la formation des nouvelles couches ligneuses.

---

(1) Le tronc des arbres à écorce verte, lisse et mince s'accroît plus vite et acquiert plus rapidement de fortes dimensions,que lorsque l'écorce est épaisse et dure.

Cette partie de l'arbre en constitue un des organes les plus importants, puisque de son activité dépend, en quelques sorte, l'existence même du végétal (1); elle contient une certaine quantité de principes azotés et de matières protéiques, ce qui, dans certains pays, fait rechercher ces tissus pour la nourriture des hommes et des animaux (2).

Au point de vue industriel, cette portion des couches corticales offre un intérêt particulier chez certains arbres, à cause de son emploi dans la préparation des cuirs, par suite de sa richesse en tanin.

Le tanin(3) ou acide tannique se rencontre dans la plupart

---

(1) La décortication complète du tronc n'occasionne pas toujours la mort immédiate de l'arbre; des tiges de chêne yeuse, ainsi traitées au printemps, ont continué à végéter jusqu'à la complète émission des bourgeons et des pousses de l'année. Une tige de houx de 0m 20 c. de tour, raclée et écorcée sur 1m25 c. de hauteur, a, après une année, commencé à reformer son écorce par plaques irrégulières tendant à se rejoindre, probablement parce que quelque fibres du liber étaient restées adhérentes au bois ; la production ligneuse avait continué sous les plaques libériennes.

L'enlèvement d'un simple anneau d'écorce n'a souvent pas de conséquences fâcheuses, si les tissus sont mis à l'abri de l'action des agents atmosphériques. Il arrive fréquemment, dans ce cas, que des rameaux se développent au-dessous de la décortication et que ces organes, fournissant aux racines et aux tissus ligneux des sucs élaborés, contribuent alors à entretenir la végétation de la plante, et par suite à cicatriser la blessure produite par cette décortication annulaire.

Dans la séance du 14 mai 1873, M. Clavé a présenté à la société centrale d'agriculture un brin de charme dont la partie inférieure avait été mangée depuis environ cinq ans par les lapins, qui avaient dépouillés l'arbre de son écorce jusqu'à une hauteur de 0m 30 c. à peu près. Néanmoins cet arbre, faisant partie d'une cépée, avait continué à végéter depuis cette époque, et quoique la partie mangé fut *absolument morte*, le brin portait des feuilles au moment ou il avait été coupé (1er mai 1873). M. Becquerel à fait observer à ce sujet (même séance) que la partie morte jouit de la propriété de transmettre, par capillarité dans la tige, les liquides absorbés dans le sol par les racines, de sorte que l'élaboration de la sève aurait lieu dans la partie qui est organisée. Cette explication parait laisser à désirer, attendu que les tissus végétaux exerçent sur les dissolutions aqueuses une action bien différente à l'état de mort ou à l'état de vie.

(2) D'après M. Galmiche, sous-inspecteur des forêts, les habitants de la côte asiatique de la mer Noire écorcent au printemps les pins d'Alep, les hêtres, les sapins, les pins sylvestres, etc., âgés d'au moins 4 ans, et raclent la surface du bois mise à nu pour en enlever le cambium (sève élaborée formant les nouvelles couches ligneuses et corticales), qui leur sert de nourriture. Dans certain pays de la Russie, on fait du pain avec l'écorce de différents arbres et principalement avec celle du bouleau.

(3) Le tanin est solide, d'un blanc un peu jaunâtre et très-soluble dans l'eau; sa dissolution dans les tissus végétaux présente une coloration brun rougeâtre

des végétaux, et principalement dans les tissus externes. Ce produit se trouve disséminé dans le bois, sous la forme de grains ou grumeaux plus ou moins gros, mais il est surtout abondant dans les couches corticales, où sa distribution varie d'après la qualité et la nature des écorces. Les grains de tanin sont tantôt disposés en ligne, suivant la continuation des rayons médullaires, et tantôt irrégulièrement disséminés dans les tissus; en général, leur nombre et leur dimension semblent progresser en se rapprochant de la circonférence, mais les fibres du liber et les cellules à chlorophylle en contiennent généralement fort peu.

L'exposition et la chaleur paraissent exercer une influence favorable sur la production du tanin, puisque, à conditions égales, les écorces des arbres ayant végété sur les versants sud en contiennent jusqu'à 3,50 p. 0/0 de plus que ceux des versants nord. Cette plus grande quantité de tanin pourrait être aussi attribuée en partie au développement plus considérable de l'écorce en épaisseur. On a en effet remarqué que les arbres des pays chauds, et ceux des expositions méridionales avaient ordinairement une écorce plus forte et plus épaisse: à l'exposition sud, l'écorce acquiert environ 10 p. 0/0 de plus d'épaisseur et a une augmentation de densité de 0,05 p. 0/0. La fertilité du sol agit puissamment sur la formation du tanin, puisque, en comparant les écorces des forêts bien pourvues d'humus avec celles provenant de bois appauvris par l'enlèvement des feuilles et des litières, on a trouvé une différence de 50 p. 0/0 en faveur de la forêt dont le sol était le plus fertile (1).

Les écorces les plus jeunes sont presque toujours les plus riches, parce que les dépôts de tanin sont plus abondants pendant les premières années de la végétation. Aussi l'écorce des branches est-elle préférable à celle du tronc, à l'exception cependant de celle du colletde la racine jusqu'à 0m.15 c. environ au-dessus du sol, (2) qui, pour une cause encore inconnue,

---

très-prononcée. Le tanin paraît être sécrété par la paroi interne des cellules, ou être le résultat d'une transformation des couches cellulosiques déjà formées dans l'intérieur de ces organes (*Recherches expérimentales sur les écorces à tan du chêne yeuse*, par Antonin ROUSSET, inspecteur des forêts 1878).

(1) Voir *Recherches expérimentales sur les écorces à tan du chêne yeuse*, par Antonin ROUSSET, inspecteur desforêts, 1878.

(2) Cette écorce est désignée dans le département du Var sous le nom d'*écorce*

est, dans le chêne yeuse principalement, toujours la plus chargée en tanin.

Au point de vue exclusif de la formation du tanin, c'est sur les arbres âgés de 10 à 23 ans que l'on récolte les écorces donnant le maximum de ce produit.

Section III. — Forme de la tige ou du tronc.

La tige ou le tronc des arbres peut donner lieu, au point de vue de la forme (1), à diverses observations plus ou moins importantes.

Un fût cylindrique et régulier ne peut être que le résultat d'une végétation et d'une croissance normale, soit en massif, soit isolée ; il indique aussi que l'arbre a été toujours, et de tous les côtés, soumis aux mêmes influences extérieures. Cette régularité de forme a pour corrélation la symétrie et l'équilibre du houppier, car les trop grosses branches, ainsi que tous les développements exagérés sont ordinairement produits par un accroissement irrégulier.

Ce résultat ne se réalise que dans un terrain homogène, où l'expansion des racines s'effectue régulièrement, sans que ces organes soient arrêtés ou gênés par un sous-sol rocheux et impénétrable, ni attirés et favorisés par des couches de terre fertile. Il faut encore que le sol ne soit pas trop accidenté, parce que les arbres croissant verticalement ne se fixent pas de la même manière dans un terrain plat que sur une pente rapide ; dans ce dernier cas, les racines latérales inégalement implantées dans la terre, et par conséquent de grosseur et de

---

noire; sa richesse en tanin varie de 10 à 13 p. 0/0, et s'élève même sur certains pieds de chêne yeuse jusqu'à 18 p. 0/0.

(1) La tige des arbres présente, suivant les essences, les formes suivantes, savoir :

Droite. — Sapin, Epicéa, Mélèze, Pin sylvestre et laricio, Chêne pédonculé, Châtaignier, Peuplier, Frêne, Alisier, etc.

Elancée. — Sapin, Epicéa, Pin sylvestre, Peuplier.

Cylindrique. — Pin laricio, Chêne rouvre et pédonculé, Hêtre, Aune, Frêne, Erable.

Flexueuse. — Chêne vert et tauzin, Pin d'Alep.

Trapue. — Cèdre, Chêne liége, Chêne occidental.

Distincte. — Hêtre, Charme, Bouleau, Frêne, Platane, Orme, etc.

Ramifiée. — Coudrier, Bouleau.

Cannelée. — Charme.

Côtelée. — Orme diffus, Peuplier, etc.

vigueur différentes, influent nécessairement sur la forme de la tige.

On comprend, d'après ces indications, pourquoi il est rare de rencontrer des arbres dont la tige soit parfaitement cylindrique ou ronde, surtout à l'état isolé. On a remarqué en outre que les troncs des végétaux ligneux ont généralement des côtés méplats et saillants, de telle sorte que leur section est presque toujours un ovale, dont le grand axe est ordinairement orienté dans la direction du vent régnant, ou vers l'exposition la plus chaude. L'observation des renflements du tronc peut donc, jusqu'à un certain point, indiquer les circonstances particulières du développement des arbres ; de même une tige branchue et noueuse (1) est assez ordinairement le résultat d'une végétation isolée ou peu serrée.

Lorsque le tronc est élancé et sans nœuds, il est au contraire à peu près certain que l'arbre a cru au milieu d'un massif serré ; dans certain cas, l'absence de branches secondaires ou gourmandes prouve en outre que le tronc a subi l'influence d'un couvert épais, produit par un feuillage serré.

La tige de certains arbres résineux, tels que sapins et épicéas, est constamment droite, verticale et élancée, quel que soit leur mode de végétation isolé ou en massif. Cela tient à ce que le bourgeon terminal de ces arbres se développe toujours au milieu d'une couronne ou verticille de bourgeons latéraux également espacés, et dont la croissance régulière et simultanée s'équilibre. On comprend dès lors qu'une tige ainsi pondérée ne puisse s'infléchir d'aucun côté, par suite de l'égalité de croissance des branches latérales. D'autre part, comme il ne se produit jamais qu'un seul bourgeon terminal dans ces essences, il ne peut pas y avoir de bifurcation, et la direction verticale de la pousse annuelle n'est jamais altérée.

La tige des arbres affecte naturellement la forme cylindro-conique : cela tient à ce que, pendant la croissance du végétal, une portion notable de la séve est employée à l'allon-

(1) On a constaté que les tissus constituant la tige de certains arbres s'enroulent en formant, autour de l'axe, une spirale dont la direction et l'angle de torsion varient. On ne connait pas encore la cause de cette torsion des fibres ligneuses, provenant probablement d'un développement inégal des cellules et qui rend le tronc de ces arbres impropre à beaucoup d'usages industriels. Ce phénomène se remarque fréquemment sur certains arbres fruitiers, tels que les amandiers, poiriers, etc.

gement de la cime, et qu'alors l'extrémité supérieure, se développant en hauteur, ne peut pas augmenter en épaisseur dans la même proportion que le bas du tronc, où la croissance ne peut s'effectuer que latéralement. Lorsque un arbre est isolé, sa tige, plus ou moins garnie de branches et de feuilles, se rapproche alors davantage de la forme conique, parce que l'accroissement provenant de la séve élaborée augmente du haut en bas, proportionnellement aux organes d'élaboration, c'est-à-dire aux feuilles réparties de la cime à la base de l'arbre, sur tout le parcours des liquides nourriciers.

Les arbres croissant en massif, ou ceux n'ayant des branches et des feuilles qu'à leur cime acquièrent ordinairement un tronc presque cylindrique : mais cette forme particulière de la tige ne se rencontre en général que chez les sujets dont l'allongement vertical de l'axe est arrêté.

Cette modification de la forme naturelle du fût doit être attribué à plusieurs causes agissant simultanément. Tous les matériaux servant à la production de la substance ligneuse sont élaborés dans les feuilles du houppier, à la cime de l'arbre, et lorsque le développement en hauteur est devenu insignifiant, ces éléments plastiques de la séve sont alors spécialement et complétement utilisés par la végétation à l'accroissement en diamètre de la tige. D'un autre côté, la séve élaborée, en descendant (1) du houppier, ne rencontre sur son parcours, le long d'une tige non branchue, aucun autre organe d'élaboration qui puisse augmenter sa quantité ou sa qualité. Enfin, comme l'épaisseur de la couche ligneuse, formée par l'afflux de la séve, parait devoir être proportionnée à la quantité de matériaux distribués dans les cellules vivantes, sur tout le pourtour du corps ligneux, et que la quantité de substance organisé, servant à provoquer le dédoublement des cellules, diminue naturellement au fur et à mesure de sa propagation à travers les tissus, il s'en suit que les formations ligneuses de la cime sont alors forcément plus considérables que celles effectuées à la base de l'arbre.

Il faut enfin ajouter que le bas du tronc des vieux arbres est

(1) Le phénomène de la séve descendante proprement dite est très-discuté; il est généralement admis que les sucs, pour aller jusqu'aux racines, descendent peut-être par leur poids, mais en même temps qu'ils se transportent partout où ils sont nécessaires pour l'accroissement, le développement ou la nutrition des organes.

toujours recouvert d'une écorce épaisse, dure, rugueuse, et par conséquent très-résistante. Cette enveloppe, qui exerce une pression considérable sur le bois, s'oppose par suite à la formation de couches ligneuses épaisses, tandis que au sommet de l'arbre l'écorce plus jeune, et par conséquent plus élastique, cède et se prête facilement à un plus fort grossissement annuel.

Sous l'influence de ces diverses causes, il est facile de comprendre comment, par suite d'un plus fort grossissement au sommet qu'à la base, la tige des vieux arbres, qui ne s'allongent plus en hauteur, perd peu à peu la forme cylindro-conique pour affecter la forme presque cylindrique.

Section IV. — Enracinement des arbres dans le sol.

§ 1. — *De la souche en général.*

La souche et les racines des arbres servent à fixer le végétal au sol et sont, sous ce rapport, des organes essentiels de soutien ou de support (1).

Quoique faisant suite à la tige, le bois des organes souterrains diffère de celui du tronc et des branches, en ce sens qu'on y trouve tantôt l'étui médullaire avec la moëlle et les rayons médullaires, et que parfois ces organes font complétement défaut ou sont peu distincts. Le tissu ligneux y est ordinairement noueux, parce que les fibres, au lieu de suivre une direction parallèle, comme dans les organes aériens, sont au contraire contournées et mélangées. On a également remarqué que la proportion du volume du bois des souches et des racines, comparé à celui de la tige, n'avait rien de fixe et de régulier, (2) et qu'elle s'accroissait suivant l'altitude du terrain sur lequel vivent les arbres.

---

(1) Les arbres cultivés en pots et n'ayant que de petites racines ou des radicelles donnent néanmoins des fleurs et des fruits ; ce fait suffirait à prouver que les grosses racines ne sont que des organes de fixation du végétal au sol.

(2) Pour le chêne, le volume de la racine varie, d'après M. A. Mathieu, de 14 à 17 pour cent, du volume total du bois ; pour le hêtre le rapport est de 15 p. 0/0 environ.

D'après M. Ebermayer, le produit des souches et racines, comparé aux produits principaux, peut être évalué, ainsi qu'il suit, par rapport à la masse des bois abattus sur la surperficie.

Pour les massifs de	30 à 60 ans	— à	5 p. 0/0.
—	60 à 90 —	à	10 p. 0/0.
—	90 à 120 —	à	15 p. 0/0.

La stabilité des arbres ne peut résulter que de leur équilibre, et les racines sont, en quelque sorte, la contre-partie des branches, dont elles doivent compenser le poids. C'est pour cela qu'elles en imitent le plus souvent les dispositions, et qu'à chaque développement d'une branche correspond ordinairement l'émission d'une racine, destinée à fournir des matériaux d'élaboration aux nouveaux organes foliacés, et à contrebalancer leur poids.

Les variations du développement des racines suivant la nature, la qualité, la constitution, la pénétrabité et l'ameublissement du sol s'expliquent en ce sens que la stabilité, résultant par exemple de la résistance d'un terrain compacte, comporte pour le végétal un moindre développement radiculaire, lequel peut en outre être influencé par les éléments de nutrition ou les conditions d'absorption. Ces variations ont parfois une certaine importance, principalement au point de vue des repeuplements artificiels, lorsqu'on cherche à procurer aux essences employées les conditions de leur enracinement normal, ou bien si on veut adapter, aux circonstances particulières du terrain, les arbres les plus susceptibles d'y trouver des conditions de stabilité assurée.

Tous les arbres n'ont pas la même force d'enracinement (1), et les différences tiennent soit à la nature du terrain, soit à la disposition spéciale des racines pivotantes ou traçantes.

§ 2. — *Racines pivotantes.*

Les racines pivotantes, produites par l'allongement de la radicule centrale de l'embryon, trouvent des conditions favorables à leur développement dans les terrains graveleux, pierreux et divisés ; la stratification oblique des versants, résultant du soulèvement des montagnes, leur est contraire, parce que le pivot ne peut pas, dans ce cas, s'enfoncer verticalement.

---

(1) Au point de vue de la force des racines, les principales essences peuvent être rangées ainsi qu'il suit :

Enracinement puissant. — Sapin, Cèdre, Pin maritime, Pin sylvestre, Pin cembro, Pin d'Alep, Chêne rouvre, Chêne pédonculé, Châtaignier, Chêne vert, Chêne liége, Tilleul, Orme, Olivier, Charme, Aune, etc.

Enracinement moyen. — Mélèze, Erable, Frêne, Robinier, Peuplier, Saule, Coudrier, Hêtre, etc.

Enracinement faible. — Epicéa, Pin laricio, Bouleau. etc.

Les racines pivotantes se ramifient toujours chez les arbres isolés, afin de mieux équilibrer le poids des branches latérales; ces organes, en s'enfonçant profondément dans la terre et servant principalement à assurer la stabilité et la solidité des végétaux, ne remplissent qu'incidemment le rôle ou les fonctions d'organes de nutrition.

Les arbres à racines pivotantes (1), solidement fixés au sol, sont plus tôt brisés, qu'arrachés ou renversés par les vents, auxquels ils résistent très énergiquement.

§ 3. — *Racines traçantes.*

Les racines, malgré leur tendance à s'enfoncer dans le sol, s'étalent et se développent à fleur de terre, lorsque la couche superficielle du terrain est très-fertile, et que le sous-sol est dur et impénétrable. Si les racines sont naturellement traçantes, c'est-à-dire si le développement latéral prédomine sur la tendance à l'approfondissement, les terrains rocheux et divisés leur offrent des conditions avantageuses, parce que les pierres, fournissant de solides points d'attache aux organes radiculaires, augmentent ainsi la stabilité des arbres.

Les essences à racines traçantes (2), ayant une assiette moins solide que celle des arbres à racines pivotantes, ont davantage besoin d'être élevées en massif, pour résister à la violence des vents.

Les végétaux croissant au bord des eaux, ou dans les terrains frais ou marécageux n'ont jamais une assiette bien solide, à cause de la faible résistance que présentent les sols humides où ils se développent ; aussi leur feuillage léger donne-t-il en général peu de prise au vent, à la force duquel ils ne pourraient résister.

Section V. — Des branches.

§ 1. — *Direction en général.—Forme latérale ou horizontale du houppier.*

L'arbre est formé d'une tige principale surmontée par un nombre plus ou moins considérable de branches, dont chacune d'elles, prise individuellement, est en quelque sorte un petit arbre.

---

(1) Voir page 80 note 1, l'indication des essences à racines pivotantes.
(2) Voir page 80 note 2, l'indication des essences à racines tracantes.

La direction des branches parait être en relation directe avec les conditions de la végétation, puisque ces organes, qui ont une tendance à aller directement à la lumière, ne s'infléchissent et ne prennent une direction latéralement oblique vers le ciel (1), que pour se soustraire à l'influence du couvert et de l'ombre des rameaux supérieurs. Quelques fois, mais rarement, le poids du feuillage et l'allongement du rameau impose aux branches une croissance horizontale.

L'angle d'insertion des branches, par rapport au tronc, dénote, jusqu'à un certain point, le naturel de l'espèce végétale: le peuplier et le cyprès, dont les petites branches forment avec la tige un angle très aigu, montrent ainsi leur faculté de croître à l'état très serré, tandis que le cèdre et le chêne paraissent préférer l'isolement, pour pouvoir étaler leur branchage puissant.

Les branches ne se développent que par l'allongement de leur extrémité, et leur formation ligneuse s'effectue comme celle de la tige. La proportion de leur volume avec celui du tronc est naturellement très variable (2), puisqu'il est subordonné aux diverses circonstances de la croissance et de la végétation des arbres.

Les différents modes de la ramification des arbres peuvent se rapporter à deux genres distincts: elle est dite régulière ou verticillée, lorsque les bourgeons, qui donnent naissance aux rameaux, sont disposés d'une façon régulière sur les branches, c'est-à-dire opposés ou alternes et verticillés. (3) La ramifica-

(1) La ramification des arbres varie avec les espèces; elle est verticillée et étalée chez le sapin et la plupart des résineux, inclinée chez l'épicéa, pendante pour le mélèze, diffuse chez l'orme et régulière, mais sans caractère, pour les autres essences.

(2) A défaut de renseignements plus précis, voici quel est, d'après le livre de la ferme et des maisons de campagne par M. Joigneaux, le rendement moyen du houppier par rapport à la tige, pour différentes essences.

ESSENCES.	PROPORTION ENTRE LE VOLUME DU TRONC		
	Peu branchus, en massif serré.	Moyennement branchus dans un massif ordinaire.	Très-branchus. Arbres isolés.
Chêne, hêtre, orme, frêne, érable.	25 à 33 0/0	35 à 45 0/0	60 à 100 0/0
Pin, épicéa, sapin, aune	15 à 25 0/0	30 à 36 0/0	50 à 80 0/0
Bouleau, saule, peuplier, mèlèze.	10 à 17 0/0	20 à 30 0/0	40 à 60 0/0

(3) On observe une ramification régulière ou verticillée dans la plupart des

tion est au contraire diffuse, lorsque les bourgeons, se développant partout et irrégulièrement, donnent naissance à des branches disposées sans ordre(1).

La ramification des essences est, jusqu'à un certain point, en relation avec la nature de la foliation et le tempérament du jeune plant, en ce sens que le même couvert peut être produit par une feuille légère portée par une ramification serrée, ou une feuille épaisse associée à une distribution de branches rares et écartées.

Les arbres isolés, ou soumis de tous les côtés aux mêmes influences atmosphériques développent librement et également leurs branches dans toutes les directions ; il en résulte que le houppier où la cime de ces arbres, ayant la même expansion latérale autour de la tige, affecte forcément la forme circulaire. Cette forme ne peut subir une déformation, par dépression ou excroissance, que si l'allongement des branches est gêné ou favorisé par une circonstance extérieure.

Dans un massif boisé, lorsque tous les arbres se touchent, les branches s'entrelacent parfois de telle sorte qu'il est bien difficile de déterminer nettement la forme des cimes. Théoriquement, on peut cependant affirmer que, dans un bois régulier, complet et serré, le contour des houppiers doit être hexagonal, parce que cette figure est la seule dont le contour extérieur soit également et régulièrement espacé autour d'un point central, tout en occupant le plus grand espace possible, et de manière à ne laisser aucun vide entre chaque cime.

§ 2. — *Port des arbres — Forme verticale du houppier.*

Le port d'un végétal dépend de son ensemble, et des rapports de ses branches et de son feuillage avec la tige. L'aspect d'un arbre est donc très-variable, parce que les circonstances déterminantes de son port peuvent être profondément modifiées par les conditions et la force de la végétation, en ce sens que l'allongement ou le grossissement de l'axe central lui donne une forme plus ou moins élancée. La structure des arbres varie, en outre, suivant qu'ils croissent à l'ombre ou à la lu-

---

arbres résineux, sapin, épicéa, pin maritime, etc.; le lilas offre surtout un exemple de cette disposition.

(1) La ramification est irrégulière ou diffuse chez l'orme, le chêne, le charme, le bouleau, etc.

mière ; dans le premier cas, la tige tend en général à s'allonger, tandis qu'elle est souvent grosse et rameuse dans le second.

Un arbre isolé, garni de branches, affecte d'abord la forme pyramidale et conique, parce que l'effort principal de la végétation se porte à la cime, et que la proportion de l'allongement de l'axe central, ou pousse terminale, est supérieur au développement latéral des branches. Lorsque par suite de l'épuisement du sol, de la vieillesse du végétal ou de toute autre cause l'allongement terminal se ralentit, et que celui des rameaux latéraux continue, le branchage affecte une forme ovoïde, ou celle d'une calotte sphérique dont la portion supérieure tend à s'abaisser. Puis enfin, lorsque la force de la végétation ne peut plus faire monter les liquides nourriciers jusqu'à la cime, pour faire développer de nouveaux bourgeons, la circulation se ralentit ou s'effectue mal, et la portion culminante du houppier s'aplatit, en laissant apercevoir quelques branches mortes. L'arbre alors se découronne et se dépouille au centre ; chaque branche offre tour à tour la la même succession de phénomènes, et la période de dépérissement arrive. Tous les arbres affectent à cette époque des formes bizarres, résultant de la mort successive des branches qui succombent peu à peu, suivant leur vigueur et leur âge, jusqu'à ce que enfin le tronc creusé à l'intérieur, et n'ayant plus la force de supporter son feuillage, s'écroule à son tour sous le poids de ses dernières productions.

Le port d'un arbre très conique, pyramidal ou étalé, indique l'état plus ou moins serré dans lequel doit être tenu le peuplement de chaque essence, pour que le sol soit complétement couvert et abrité. Les arbres résineux, qui ne forment qu'un bourgeon terminal, ont en général un port droit et élancé (1).

Lorsqu'un arbre ne s'est pas développé dans un milieu homogène, le côté le mieux exposé à la lumière et à la chaleur, ou dont les racines ont trouvé un terrain plus perméable et plus fertile, prend un accroissement plus considérable. Le port naturel du végétal est alors modifié par cet accroissement anormal, qui change les rapports de la disposition et

(1) Le port d'un arbre est considéré comme élancé, lorsque, par suite de la disparition des branches, la tige nue offre une certaine longueur supérieure à la hauteur du houppier garni de feuilles.

de la dimension des branches. Ces irrégularités sont parfois même assez fortes pour influer sur la forme générale de la tige, par suite de la contexture des formations ligneuses, dont les couches sont plus épaisses du côté où la végétation est la plus vigoureuse.

La greffe modifie, dit-on, le port des arbres et les fait s'élancer verticalement, mais ce fait n'est encore ni bien prouvé, ni complètement expliqué.

§ 3. — *Couvert des arbres.*

On désigne sous le nom de couvert l'ensemble de la voûte de feuillage formée par les organes aériens des végétaux ligneux, et l'ombrage que donne un massif boisé. Au point de vue cultural, le couvert d'un arbre comprend tout ce qui, par suite du développement de la tige et des branches, s'interpose entre le sol et l'air extérieur ; aussi l'influence du couvert proprement dit est-elle, en général, restreinte à l'espace occupé par la projection verticale de la cime de l'arbre sur le terrain.

Quoique le couvert intercepte la lumière et produise de l'ombre (1), son action en diffère essentiellement, en ce sens qu'elle est fixe et invariable, tandis que l'ombre mobile se promène sur le sol, suivant les mouvements du soleil. L'ombre et le couvert, produits tous les deux par le branchage des arbres, ont des résultats bien divers, parce que le couvert ne borne pas son action à l'interception de la lumière, et que son influence s'étend à presque tous les phénomènes extérieurs, pluie, rosée, évaporation, exhalaison, absorption, chaleur, etc., et se fait principalement sentir par rapport à la germination des semences, et à la croissance des jeunes plants.

L'action du couvert (2), résultant de l'interposition de la

(1) Voir en ce qui concerne l'ombre, livre II, chap. III, section 1, § 3 page 58.

(2) L'influence des branches des arbres, de ce qu'on appelle le couvert, est très-variable et diverse ; aussi, par suite de l'absence d'expérience directe, elle n'a pas encore reçu une explication bien complète. D'une part, comme le couvert formé par les feuilles projette, sur le sol, de l'ombre ou une lumière verte, et que la couleur verte est, d'après M. P. Bert, aussi nuisible aux plantes que l'obscurité, on pourrait penser que le couvert agit surtout par la privation de la lumière. Sous l'action du couvert, comme sous l'influence de la lumière verte, les plantes meurent en diminuant de volume, parce que la chlorophylle n'assimile plus, et que le végétal ne vit alors qu'au dépend de lui-même,

cime des arbres entre le sol et le restant de l'atmosphère, tient à la fois de l'ombre, de l'abri et de l'écran. Il est donc évident qu'aux divers points de vue de la lumière, du vent, de la pluie, de la rosée, du froid, de l'évaporation, etc., etc., l'influence du couvert variera d'intensité, suivant que la voûte de feuillage sera plus ou moins épaisse ou élevée.

Dans les divers cas, le résultat de cette action dépendra donc non-seulement de la dimension et de la disposition des organes foliacés, mais encore de leur plus ou moins grande persistance sur les branches, et enfin de la disposition des branches elles-mêmes. Des feuilles petites et légères, mais portées par une ramification très serrée peuvent produire un couvert épais, tandis que l'effet contraire peut résulter de l'écartement des feuilles larges et épaisses, surtout si elles sont disséminées sur les rameaux peu nombreux d'une ramification dispersée (1).

L'intensité du couvert se modifie en outre avec l'âge du bois, parce que la dimension des feuilles diminue sur les vieux arbres. On pourrait même penser que cette variation est destinée à laisser arriver sur le sol une plus grande quantité de lumière, afin de faciliter la production des jeunes plants destinés à remplacer naturellement les arbres trop âgés.

Lorsque l'intérieur du houppier est garni de feuilles qui vivent sous le couvert immédiat du feuillage extérieur, on peut en conclure que le couvert de cette essence n'est pas nuisible

---

jusqu'à ce que tous ses éléments combustibles soient éliminés. On comprend ainsi le peu de valeur du bois mort dominé par le couvert.

Mais il a été constaté d'un autre côté que, sous le couvert, la tension électrique est nulle; aussi M. Grandeau pense que le couvert des arbres agit en privant les plantes abritées de l'influence de l'électricité de l'air, qui serait un puissant agent d'assimilation chez les végétaux. D'après cet auteur, c'est au manque d'électricité qu'il faudrait attribuer la faiblesse de la végétation sous les grands arbres.

(1) Les essences, en ce qui concerne le couvert, peuvent être classées ainsi qu'il suit :

Couvert léger. — Pin sylvestre, Pin maritime, Pin d'Alep, Chênes rouvre, pédonculé et tauzin, Bouleau, Saule, Peuplier, Frêne, Robinier, Sorbier, etc.

Couvert assez léger. — Mélèze, Aune, etc.

Couvert assez épais. — Charme, Orme, Olivier, Châtaignier, Erable champêtre, etc.

Couvert épais. — Sapin, Epicéa, Pin cembro, Chêne yeuse, Chêne liège, Chêne occidental, Hêtre, Erable plane, Tilleul, etc.

au développement de la végétation, ou bien que les feuilles de cet arbre peuvent supporter cette action, sans que leurs fonctions en soient interrompues.

La distance du couvert au sol dépend de la croissance naturelle des arbres et de l'élévation plus ou moins grande de leur tige, suivant l'état des massifs, ou bien de la suppression des branches basses au moyen de l'élagage.

Il importe de tenir compte de ces variations essentielles dans l'état du couvert, en ce qui concerne la régénération naturelle des coupes, sans oublier que son influence, comme celle de l'ombre, est, toutes choses égales d'ailleurs, considérablement modifiée par la chaleur du climat, l'état de transparence de l'atmosphère, l'altitude (1), l'humidité et la fertilité du sol.

Sous un climat chaud, par exemple, un couvert léger pourra, suivant la nature et l'exposition du sol, être utile comme abri à certaines essences pour les garantir des rayons d'un soleil trop ardent, et devenir nuisible à d'autres arbres, en les privant du bienfait des rosées nocturnes, qui auraient pu leur permettre de résister à la sécheresse du sol et à la chaleur. Par les mêmes raisons, dans les pays froids, en montagne, les brouillards et un ciel nuageux, en diminuant l'évaporation et modérant l'intensité de la lumière, peuvent compléter, jusqu'à un certain point, un léger couvert, et assurer par suite la réussite d'une essence d'ombre, à laquelle un abri plus ou moins prolongé aurait été nécessaire, dans les circonstances ordinaires.

On doit observer que, dans les pays accidentés, un même nombre d'arbres, à houppiers égaux, produira un couvert plus léger sur un terrain en pente que dans une plaine; parce que, dans le premier cas, les cimes étagées des arbres permettent davantage la circulation de l'air et l'arrivée de la lumière jusqu'au sol.

Le couvert varie enfin avec les essences et l'accroissement des arbres ; il devient ainsi plus ou moins serré, pour le

(2) Il a été constaté (V. page 53) que la dimension des feuilles de hêtre diminue suivant l'altitude et l'âge des bois; ces circonstances, qui sont de nature à modifier considérablement le couvert des massifs de hêtre en montagne, pourraient peut-être expliquer les facilités de repeuplement que l'on remarque dans certaines forêts situées en montagne, et peuplées en hêtres et sapins.

même nombre de pieds, suivant leur mode de végétation et leur âge (1), à cause du développement latéral des branches.

Les essences d'ombre, par leur couvert épais, améliorent ordinairement le sol en favorisant l'accumulation et la décomposition des détritus ligneux, et en entretenant la fraîcheur du terrain, qui est un élément de fertilité pour la croissance des bois.

Les arbres de lumière, c'est-à-dire à couvert faible et léger, produisent en général l'effet contraire, parce qu'ils permet-

---

(1) Voici quel est, d'après M. Nanquette, le couvert moyen des arbres à certains âges : à 70 ans le houppier couvre 35 mètres carrés.
à 105 — — — 50 —
à 140 — — — 75 —
à 175 — — — 93 —

Dans le taillis sous futaie, voici quel est, d'après Cotta, le couvert moyen des arbres de réserve : à 30 ans le houppier couvre »» mètres carrés.
à 60 — — — 15 —
à 90 — — — 32 —
à 120 — — — 42 —
à 150 — — — 60 —

On admet qu'un hectare peut renfermer au maximum 179 sapins de 2 mètres de tour, âgés en moyenne de 150 à 200 ans, et formant un couvert complet et régulier. Dans cette hypothèse, chaque houppier a, en moyenne, un diamètre de de 8m45, et couvre une superficie de 56 mètres carrés.

Comme les peuplements en futaie varient suivant les âges, on a indiqué, au tableau ci-dessous, suivant le nombre des tiges, le diamètre moyen de la surface occupée par chaque houppier.

AGES DES BOIS	NOMBRE DES TIGES COMPOSANT UN MASSIF COMPLET à l'hectare	SURFACE COUVERTE PAR LA PROJECTION DE CHAQUE HOUPPIER, CONSIDÉRÉ COMME AYANT UN CONTOUR HEXAGONAL	DIAMÈTRE MOYEN DE CHAQUE HOUPPIER.
60 ans	2000 tiges	5 m. c. »»	2 m. 55 c.
80 —	1600 —	6 — 25	2 » 82 »
100 —	1000 —	10 — »»	3 » 57 »
120 —	700 —	14 — 25	4 » 26 »
140 —	400 —	25 — »»	5 » 65 »
160 —	250 —	40 — »»	7 » 14 »
200 —	179 —	56 — »»	8 » 45 »

Nota. — Théoriquement le houppier des arbres en massif serré doit affecter le contour hexagonal pour ne pas laisser de vide, mais alors les chiffres des diamètres ne doivent pas être considérés comme très-exacts, parce que, pour abréger les calculs, on les a déduits de la surface de chaque houppier considéré comme cercle.

Voir la note de la page 108, au sujet des divers diamètres des houppiers.

tent au terrain de se dessécher, sous l'influence de la lumière et de la chaleur. Le vent, qui pénètre et circule facilement dans les massifs de l'espèce, augmente l'évaporation du sol, en dispersant au loin les feuilles mortes ; il devient ainsi un obstacle à la formation régulière de l'humus et par suite à la végétation vigoureuse des arbres.

Ces inconvénients pourraient être en partie atténués par la présence d'un sous-étage d'arbustes tels que houx, genêts, bruyères, noisetiers, etc., qu'il serait très-utile de conserver, et même nécessaire de propager dans certains cas. Cette végétation arbustive empêche en outre le gazonnement du sol, qui devient souvent un obstacle sérieux à la régénération des coupes, par voie de semis naturel.

Ce deuxième étage de sous-bois, peu serré et peu élevé, a le grand avantage de maintenir la fraîcheur du sol, qu'il améliore de ses détritus ; il est surtout très-utile pour la régénération du chêne, en facilitant la bonne germination des glands provenant de semis naturel, et en préservant les jeunes plants des gelées printannières, qui leur sont si préjudiciables dans leur jeunesse.

Le couvert permanent des arbres à feuilles persistantes semble avoir pour effet d'empêcher le refroidissement du sol, et de favoriser la fonte lente de la neige. Celle-ci, ne pouvant pas se refroidir par le rayonnement que le feuillage arrête, fond d'une façon continue et régulière, soit par l'effet de l'abri des cimes, soit par l'effet de la chaleur terrestre.

Section VI. — Croissance des végétaux ligneux.

§ 1. — *De la croissance des arbres en général.*

La formation ligneuse et le volume des arbres sont naturellement en raison directe de l'élaboration des sucs nutritifs. Leur croissance dépend, par conséquent, non pas seulement du nombre et du développement des organes foliacés (1), mais encore de la manière dont ces organes remplissent leur fonctions physiologiques, sous l'influence de l'air, de la cha-

(1) D'après M. Pressler professeur à Tharand, chez des arbres différents et pour une même longueur de tige, la croissance en volume est proportionnelle à l'abondance et à la puissance d'activité de la surface foliacée. — Les feuilles dominées sont donc sans influence sur l'accroissement des arbres.

leur et de la lumière. L'effeuillaison des arbres arrête donc leur accroissement (1).

La croissance du bois, ou la formation des cellules lignifiées se produit par voie de segmentation ou fissiparité des cellules vivantes (2), existant dans la zône où les tissus ligneux et corticaux se joignent et se confondent. Après chaque division, les cellules les plus internes perdent leur vitalité et se concrétionnent, tandis que les cellules externes conservent leur vitalité pour se sectionner de nouveau, sous l'influence de la séve, tant que l'activité végétale subsiste. Cette division des cellules s'effectue pendant la nuit (3), après la résorption de l'amidon produit par la chlorophylle pendant son exposition à la lumière.

Comme, d'après Schultz-Fleeth, l'absorption des principes chimiques par les végétaux est toujours proportionnelle à leur consommation, il s'en suit que le rôle des racines, destinées à fournir les sucs à élaborer, et celui des terrains dans lequel ces organes les puisent, ont également une certaine importance au point de vue de la production végétale.

La substance ligneuse des arbres se compose de couches concentriques diversement colorées, et annuellement formées au printemps et à l'automne (4). Ces couches, qui en vieillis-

---

(1) L'accroissement des arbres, dont les feuilles sont dévorées par les chenilles, est arrêté.

(2) A. Mathieu. — *Cours de botanique professé à l'école forestière.*

(3) Il résulte en effet des expériences de M. Sachs, que, pendant l'obscurité, es grains d'amidon, produits par la chlorophylle pendant son exposition à la llumière, se dissolvent et disparaissent. L'amidon est ainsi résorbé pendant l'obscurité, et sert à la formation des nouveaux tissus. Pendant la nuit, les cellules et les tissus sont en état de turgescence, par suite du ralentissement de l'évaporation (*Traité de botanique*). Voir, infra, §4, *Allongement des axes*.

(4) Voir page 115. D'après une expérience du docteur Hugo de Vries, la différence des bois formés à l'automne et au printemps, et qui, par leur coloration, sert à compter l'âge des arbres, ne doit être attribuée qu'à la constriction de l'écorce plus forte à l'automne qu'au printemps. En augmentant artificiellement au printemps la pression de l'écorce, il est parvenu à donner, aux couches de bois produites à cette saison, l'apparence du bois d'automne, et inversement, en diminuant, par une fente longitudinale, la pression de l'écorce à l'automne, il a obtenu des couches de bois de printemps.

Suivant M. A. Mathieu, le chêne a une proportion de bois d'automne d'autant plus forte que l'arbre s'épaissit davantage chaque année; le résultat inverse se produit chez les résineux. Quant aux hêtres, on n'a pas pu établir de règle précise à cet égard.

D'après M. Broilliard, c'est à la zone solide du bois d'été, développée dans

sant changent presque de nature, par suite de la transformation de l'aubier en bois parfait ou de cœur (1), sont proportionnelles à la marche de la végétation, et présentent de grandes variations annuelles (2).

Mais il importe de remarquer aussi que la vigueur de la végétation accélérant la transformation de l'aubier en bois parfait, les différences dans la fertilité du sol peuvent influer, sous ce rapport, sur l'accroissement ligneux de deux arbres de même espèce et du même âge, alors surtout qu'une végétation rapide a pour conséquence la production de couches ligneuses plus épaisses (3). L'accroissement ou formation ligneuse des arbres n'est donc pas une fonction simple, attendu que cette production est influencée par la dimension de la tige et par la végétation de l'année précédente, qui a

---

chacune des couches annuelles du sapin, qu'il faut attribuer l'élasticité dont jouit la tige de cet arbre.

On sait bien que la croissance lente des résineux augmente leur densité et leur dureté, mais on ne peut trop s'expliquer, à cet égard, le mode de croissance du chêne et surtout l'absence de règle pour le hêtre.

Dans certaines régions tropicales, ou la végétation ne s'arrête pas, quelques tiges d'arbres présentent une masse ligneuse homogène et continue, sans couches apparentes et distinctes.

(1) L'aubier est le bois encore traversé par les sucs végétaux ; le bois parfait ou de cœur est celui qui n'est plus traversé par ces liquides, et alors ses tissus ne s'améliorent plus. Lorsque par la suite du temps la détérioration de la tige des arbres s'effectue, elle commence toujours par les couches les plus anciennes, c'est-à-dire celles du centre, les premières formées.

(2) Dans les pays froids, où les phénomènes de la végétation doivent s'effectuer dans une courte période, toutes les forces végétales sont employées à la production des fleurs et des semences ; c'est ce qui explique le faible accroissement des arbres de ces contrées, et le peu d'épaisseur de leurs couches ligneuses annuelles. Ces dernières ont, il est vrai dans ce cas, une densité considérable, ainsi qu'on peut le constater dans les bois résineux de la Norwége et de la Suède.

(3) D'après les expériences de Duhamel, la masse du bois parfait suit une marche progressivement ascendante, comparativement au volume de l'aubier. Ainsi, dans un tronc de 0^m19 c. de diamètre, le volume de l'aubier égale celui du bois de cœur ; sur une tige de 0^m33 c. de diamètre, pour 1 d'aubier on trouve 3.25 de cœur et enfin avec un arbre de 0^m65 c. de diamètre, pour 1 d'aubier, le bois parfait est dans la proportion de 4.50. Buffon a constaté que l'écorcement des arbres sur pied avait pour résultat d'augmenter rapidement la proportion du bois parfait, ou de donner à l'aubier toutes les qualités du bois de cœur.

pu accumuler dans les tissus une plus ou moins grande quantité d'élément d'assimilation (1).

La croissance résultant de la production ligneuse est, en majeure partie, le résultat de l'assimilation et de la fixation (2) de l'acide carbonique de l'air (3). Mais ce phénomène ne se produit qu'à la lumière. Les végétaux dominés ou exposés à l'ombre, bien loin de s'accroître, auraient plutôt une tendance à diminuer de volume, parce que au lieu de fixer du carbone, ils émettent de l'acide carbonique produit, dans ce cas, aux dépens de leurs propres substances.

D'après les observations de M. Déhérain, la décomposition de l'acide carbonique n'a lieu que dans les cellules à chlorophylle. Or, comme cette substance dépend en partie de la quantité d'azote que les plantes peuvent s'assimiler, on comprend comment un sol riche en engrais azotés (4), en favorisant la production des cellules à chlorophylle, augmente ainsi le pouvoir de décomposer et de fixer l'acide carbonique, et active par suite la végétation et le développement des plantes.

La croissance des pousses ligneuses annuelles n'a pas la même force, la même activité (5), ni la même vigueur chez

(1) D'après les observations de MM. Martins et Bravais, (*a*) l'épaisseur de la couche d'accroissement annuelle dépend, dans une certaine mesure, de la dimension de la couche ou des couches précédentes. Voir *Revue des eaux et forêts, janvier 1880. Recherches expérimentales sur l'accroissement des tiges d'arbres comparé au développement foliacé*, par M. GUINIER. Voir infra, § 6. *Accroissement des arbres isolés.*

(2) D'après les expériences de M. Chevandier, le produit d'un hectare de futaie de hêtre comprend un poids de 1800 kil. de carbone, fixé par la végétation.

(3) D'après M. Cailletet, le gaz acide carbonique existant dans l'air est la *seule* source où les végétaux puisent le carbone nécessaire à leur accroissement. Les végétaux périssent lorsqu'on les soumet à une atmosphère factice privée du gaz acide carbonique.

(4) D'après les expériences de M. G. Ville, l'ammoniaque ajoutée à l'air à la dose de 0.0002 et surtout de 0.0004 active puissamment le développement foliacé et ligneux des végétaux.

(5) On se figure peu la merveilleuse activité que révèle la croissance d'une plante, dans le court espace de quelques semaines. Cela se fait graduellement, sans bruit et l'on n'y prend pas garde; il ne s'agit ici que du développement

(*a*) V. *Annales des sciences naturelles*, tome XIX, 2e série. — *Recherches sur la croissance du pin sylvestre.*

toutes les essences ; elle est plus forte pour les bois blancs ou tendres, parce que ceux-ci ont une zone d'aubier très-développée, dans laquelle le végétal peut ainsi emmagasiner une plus grande quantité d'amidon. Ces arbres, accumulant une réserve plus considérable de matières assimilables et ayant des tissus très-perméables à la circulation de la sève, réunissent, par conséquent, toutes les conditions favorables pour une croissance ligneuse considérable et rapide.

La régularité de croissance que l'on remarque dans les couches ligneuses de certaines essences résineuses peut avoir en partie pour cause la distribution spéciale et régulière des branches du houppier de ces arbres.

L'accroissement individuel de chaque arbre n'est pas uniforme ; il suit une marche progressivement ascendante, pour se ralentir ensuite peu à peu jusqu'à l'arrêt complet de la végétation. En outre, la croissance des végétaux ligneux peut être envisagée soit au point de vue absolu du matériel ligneux formé, soit eu égard à la qualité des produits comme bois de feu, de service ou d'industrie. Or, comme ces variations

---

visible, tangible. Prenons pour exemple un membre de la famille des conifères, l'*abies nordmanniana* : mesuré, l'arbuste avait 2 pieds et demi anglais de haut (0^m75 c.) (c'était un très-jeune sujet); le nombre des jeunes pousses ou jets de l'année était de 585. Chacune d'elles variant de 1/2 pouce (0^m012^{mm}) à 1/2 pied (0^m15 c.), leur longueur accumulée donnait 1171 pouces ou 98 pieds (29^m90 c.). En divisant cette longueur par le nombre des pousses (585), on obtient une longueur moyenne de 2 pouces (0^m 05 c.) par jet. Le nombre moyen des feuilles ou aiguilles, calculé à 34 au pouce, donne, pour les 585 jets, un chiffre de 39,814 feuilles. En supposant à chaque feuille 1/2 pouce (0^m012^{mm}) de long, ce qui est exact, on arrive, en les mettant bouts à bouts à une longueur de 3501 pieds (1066^m). Donc, y compris les jets et feuilles seulement, en une seule saison, ce jeune arbuste a donné le prodigieux total, en longueur, de 3600 pieds anglais (1096^m) plus de 1 kilomètre. (Extrait du *Gardener's chronicle*).

Au point de vue de la rapidité de leur croissance, les principales essences forestières peuvent être classées ainsi qu'il suit :

1° Pendant les premières années.

Croissance très-lente. — Sapin, Pin de montagne, Pin cembro, Chêne yeuse, Hêtre, Charme, Sorbier, etc.

Croissance lente. — Chêne pédonculé, Chêne rouvre, Chêne occidental, Erable champêtre, Tilleul, Epicéa, Cèdre, Alizier.

Croissance assez rapide. — Mélèze, Pin sylvestre, Pin laricio, Pin maritime, Pin d'Alep, Châtaignier, Bouleau, Aune, Saule, Peuplier, Frêne, Robinier, Erable sycomore.

2° Après les premières années.

Croissance très-lente. — Pin de montagne, Pin cembro, Chêne yeuse, Sorbier, Olivier.

dépendent de la longévité (1) des essences, de leurs conditions de végétation et de la fertilité du sol (2), il importe de tenir compte de ces diverses circonstances dans l'étude de ces phénomènes.

La marche de l'accroissement des végétaux ligneux varie encore suivant leur état d'isolement ou leur rapprochement dans un massif serré, parce que, dans ce dernier cas, les arbres se trouvent placés dans une dépendance réciproque, et que leur croissance individuelle est ralentie par suite de la difficulté de développer librement leurs branches et leur houppier. Aussi est-il avantageux, sous ce rapport, de ne pas conserver les massifs trop serrés, excepté sur les pentes, ou les cimes étagées se gênent moins; cela explique d'ailleurs l'accroissement remarquable que prennent presque subitement les arbres d'un massif serré, lorsqu'ils se trouvent dégagés.

Le volume de la production ligneuse des végétaux, résultant de leur croissance, est donc non-seulement variable pour

---

Croissance lente. — Pin d'Alep, Chêne pédonculé, Chêne rouvre, Charme, Tilleul, etc,

Croissance assez rapide. — Chêne tozin, Chêne liège, Hêtre, Orme, Erable plane.

Croissance rapide. — Sapin, Cèdre, Mélèze, Robinier, Erable sycomore.

Croissance très-rapide. — Epicéa, Pin sylvestre, Pin laricio, Pin maritime, Châtaignier, Aune, Bouleau, Peuplier, Frêne, Orme, etc.

(1) Au point de vue de la durée de leur existence, les essences principales peuvent être classées ainsi qu'il suit :

Moins d'un siècle. — Bouleau, Aune, Saule, Peuplier, Rrobinier, etc.

Moins de deux siècles. — Pin sylvestre, Pin maritime, Pin d'Alep, Charme, Orme, Frêne, Erable, etc.

Moins de trois siècles. — Hêtre, Epicéa, Sapin.

Moins de quatre siècles. — Chêne liège, Chêne yeuse, Chêne occidental.

Au-delà de quatre siècles. — Cèdre, Mélèze, Chêne rouvre, Chêne pédonculé, Pin cembre, Tilleul, Châtaignier, etc.

(2) Dans un massif régulier de futaie, dans lequel on avait commencé à enlever des litières vers l'époque où prenait fin l'accroissement en hauteur, pour continuer jusqu'à la fin de la révolution, la perte en volume s'est élevée jusqu'à 17 p. 0/0 dans les situations les plus favorables, et a atteint jusqu'à 50 p. 0/0. M. le professeur Baur a constaté, dans le Wurtemberg, que là où avait lieu l'enlèvement des litières l'accroissement moyen était diminué de 1/5 à 1/10.

D'après la moyenne des recherches de Hundeshagen, Pagenstecher, Jager et Plienigen, l'enlèvement de litière sèche en forêt cause une diminution d'accroissement équivalente à 1 stère par 1000 kil. environ de litière enlevée. (*Journal d'agriculture pratique 1878*, tome I, page 160).

chaque essence, mais il est encore subordonné à toutes les conditions de la végétation. D'un autre côté, il importe de remarquer que l'accroissement des arbres est un fait très-complexe, puisqu'il dépend à la fois du grandissement ou allongement de l'axe central en l'air et du grossissement, c'est-à-dire de l'augmentation latérale de la tige (1), ainsi que de la nature spéciale de l'organe, souche ou graine, donnant naissance à la tige elle-même.

§ 2. — *Croissance des brins de semences.*

L'origine naturelle d'un végétal est la graine qui germe, dont la radicelle s'enfonce dans le sol, tandis que la tigelle s'élève dans l'air (2).

L'arbre qui se développe ainsi prend d'abord sa nourriture dans les cotylédons de la graine ; il donne ensuite peu à peu naissance aux organes souterrains et aériens destinés à lui fournir son alimentation, et ne prend son essort, c'est-à-dire ne pousse vigoureusement, que lorsqu'il a une quantité de racines et de feuilles suffisante pour absorber et élaborer en abondance les sucs nécessaires à la formation de ses tissus. Cette première période du développement des organes dure un certain nombre d'années, et ce n'est ainsi que vers l'âge de 15 à 20 ans qu'un brin de semence commence réellement à croître, et à prendre un volume ligneux un peu important.

Après cette période d'élaboration, le jeune arbre s'élance vigoureusement pour arriver à son entier développement et acquérir vers un âge avancé de fortes dimensions ; mais cette végétation, forte et continue, n'est que le résultat de la bonne constitution de ses divers organes intacts, et du juste équilibre de leurs fonctions.

---

(1) Suivant MM. Sachs et Hofmeister, l'allongement et le grossissement des végétaux dépendent de la turgescence des cellules et de la résultante des tissus érectiles et passifs. D'après cette théorie, il est incontestable que l'écorce, par sa rigidité (V, page 144, notes 3 et 4), s'oppose à la croissance rapide des bois, et alors les incisions verticales que font les horticulteurs, en diminuant cette résistance, pourraient par suite faciliter, jusqu'à un certain point, l'accroissement des tissus ligneux.

Ces auteurs signalent également l'effet de la lumière sur la torsion des végétaux et les courbes que forment les tiges des arbres de lisière semblent justifier cette opinion.

(2) V. page 98 et suivantes.

On comprend donc à la fois la lenteur, au début, de la croissance des brins de semences qui poussent dans les conditions normales et régulières, et développent peu à peu tous leurs organes, ainsi que leur faculté d'acquérir ensuite de très-belles dimensions, à cause de leur longévité naturelle.

§ 3. — *Croissance des rejets de souches.*

Lorsque la tige d'un arbre est coupée près du sol, la souche, suivant la faculté que possède cette essence, émet des bourgeons adventifs ou proventifs, destinés à produire des rejets.

Comme l'absorption des liquides par les radicelles continue à s'opérer malgré l'ablation des organes aériens, et que les tissus ligneux souterrains renferment une certaine quantité d'amidon, les rejets se développent avec une très-grande vigueur; cette croissance rapide du recru provient, soit de ce qu'ils trouvent dans la souche un dépôt de substance plastique disponible pour la formation de leurs couches ligneuses, soit parce que la souche a besoin, pour maintenir sa vitalité et son existence, de développer au plus vite les organes foliacés nécessaires à l'élaboration des liquides absorbés par les racines.

Ce double concours de circonstances suffit pour expliquer la végétation vigoureuse des coupes de taillis. Aussi les rejets de souches acquièrent-ils parfois plus d'un mètre de hauteur dès la première année, lorsque les racines vigoureuses sont implantées dans un sol fertile. L'accroissement ou la formation ligneuse des rejets de souches est donc de beaucoup supérieure à celles des brins de semences, à cause de la différence du volume et de la nature des organes qui leur donnent naissance.

La croissance des rejets de souches suit d'ailleurs la loi générale ; elle varie suivant les essences, en ce sens qu'elle est plus vigoureuse pour les bois blancs ou tendres que pour les bois durs. Les premiers ont la faculté d'emmagasiner, dans leur couche d'aubier très-développée, une plus grande quantité d'amidon, ce qui leur permet un plus grand développement et une plus forte production ligneuse. Il ressort, en outre, des expériences de M. Wohmann que le résultat de la végétation des souches diffère aussi suivant l'époque de l'exploitation des arbres ; voici quelle est, d'après cet auteur, la

longueur des rejets pour différentes époques de la coupe des bois.

EPOQUE de la COUPE	DURÉE de la VÉGÉTATION	LONGUEUR DES REJETS au 20 septembre 1872. MAXIMUM	MINIMUM	MOYENNE	CROISSANCE MOYENNE en longueur PAR JOUR
1871					
Janvier	260 jours	1. m. 90	1. m. 05	1. m. 45	0. m. 00557 (1)
Mars	200 —	1. 75	1. 02	1. 25	0. 00625
Avril	170 —	1. 50	0. 62	1. 15	0. 00676
Mai	140 —	1. 25	0. 72	1. »»	0. 00714
Juillet	80 —	1. 25	0. 65	0. 98	0. 01225
Août	50 —	1. »»	0. 50	0, 85	0. 01700

Les tiges des rejets sont toujours placées à la périphérie de la souche-mère. Lorsque la section n'a pas été faite rez-terre, les bourgeons et les rejets qui en résultent se trouvent avoir, pour point de départ, une portion aérienne du tronc primitif, de telle sorte qu'au fur et à mesure de leur grossissement les jeunes tiges s'étalent et couvrent naturellement une partie de la section horizontale de l'étoc. Or comme les couches ligneuses nouvellement formées ne peuvent se souder avec les anciennes, ni recouvrir complètement cette troncature, il en résulte qu'une portion de la souche primitive, restant à découvert, se décompose peu à peu. Les nouveaux arbres ont alors forcément à la patte une crevasse, ou un vide, provenant de la disparition lente et graduelle de la vieille souche, ce qui devient plus tard une cause de décomposition pour le nouveau tronc.

Les rejets, après avoir été alimentés, dès le début, par les racines de la souche-mère, ne tardent pas, soit à s'approprier une partie latérale des racines, soit à émettre des organes radiculaires spéciaux, de telle sorte que les nouvelles tiges finissent, en grandissant, par avoir chacune leurs racines particulières, et une végétation individuelle et indépendante. Les arbres ainsi produits ont alors une existence assurée, semblable à celle des brins de semence et sont susceptibles de fournir

(1) Il serait intéressant de connaître la dimension ou grosseur des rejets, pour savoir si la croissance en hauteur des brins venus sur les souches exploitées pendant l'été, ne s'est pas effectuée au détriment de leur grossissement.

ensuite des souches capables d'émettre, à leur tour, des rejets après leur exploitation, et ainsi de suite ; c'est ce qui explique la longévité des bois exploités en taillis simple.

La preuve du rajeunissement des souches, au fur et à mesure de l'émission des nouveaux rejets, ressort d'ailleurs de la durée presque indéfinie de certains taillis simples où, par suite de circonstances particulières, les brins de semence sont très-rares (1), et dont le peuplement est toujours complet et serré. On est donc fondé à penser que les rejets de souches s'implantent dans le sol par une sorte de marcottage ou de bouturage particulier, qui multiplie ainsi les cépées à la suite des exploitations. Ce phénomène se produit d'ailleurs d'une façon très-marquée chez les oliviers, dont les tiges sont coupées à la suite de froids trop vifs.

Lorsque les rejets se développent au collet même de la racine, et que les nouvelles tiges croissent en quelque sorte tangenciellement à la circonférence de la souche-mère, elles s'en séparent alors peu à peu, et s'*affranchissent* complétement. Ces tiges, croissant en dehors de la souche, vivent alors au moyen de leurs racines propres, ce qui leur assure ainsi une existence spéciale et indépendante, et une aussi longue durée que celle des brins de semence.

Le même phénomène se produit lorsque plusieurs rejets de la même souche se réunissent à la patte, de manière à recouvrir complétement la section et le bois de la souche-mère, mise par suite à l'abri de la décomposition. Dans ce cas particulier, la cépée ainsi constituée s'approprie les racines primitives de cette souche, et devient la continuation de la première tige.

Ce résultat avantageux se produit surtout chez les arbres coupés dans leur jeunesse, parce que les dimensions de la souche primitive sont moindres, que le corps ligneux est plus intact, et que les racines sont plus jeunes et plus vigoureuses. Ces diverses conditions expliquent tout l'avantage que l'on a de ne pas exploiter les brins à un âge trop avancé, lorsqu'on désire obtenir des vigoureux rejets de souches.

La décomposition de la souche-mère, et la disparition du pivot, pour les essences à racines pivotantes, est la plupart du temps l'unique cause du vide ou creux qui se forme au

(1) Il faut cependant tenir compte de la faculté qu'ont certains rejets de souches de produire des bonnes semences très-jeunes.

bas du tronc des rejets de souches, et qui occasionne une décomposition interne et prématurée de la tige. Cette circonstance, qui peut être en partie évitée en pratiquant la section d'abatage très près du sol, n'abrége nullement par elle-même la durée de l'existence végétale des rejets de souches. Néanmoins, comme elle est de nature à préjudicier à la qualité du bois de la tige (1), qui alors perd une partie de ses usages industriels, il est généralement avantageux de couper les arbres de l'espèce dans un âge peu avancé, et de ne conserver que les sujets *affranchis* de bonne heure, ayant ainsi alors les mêmes garanties de longévité (2) et de bonne qualité que les brins de semence.

Dans bien des cas, comme les beaux rejets de souches et surtout les belles cépées de trois ou quatre brins, dont la base est bien liée, ont une croissance plus vigoureuse que les brins de semences, et prennent un accroissement plus rapide, il est avantageux de les conserver, soit comme arbres de futaie, soit comme réserves dans les coupes de taillis.

§ 4. — *Allongement des axes. — Tige. — Branches. — Racines.*

L'allongement vertical des arbres dépend d'un grand nombre de circonstances diverses, se rattachant plus ou moins directement à la vigueur de la végétation et aux qualités du sol, mais dont les principales sont, à coup sûr, celles relatives à l'action de l'ombre et de la lumière et à l'état plus ou moins serré du massif, dans lequel le végétal se développe.

Le siége de l'allongement des axes végétaux réside dans les tissus non lignifiés des mérithalles ou entre-nœuds des tiges, et dans les cellules des bourgeons terminaux. On a bien constaté que les mérithalles et les branches s'allongent pendant la nuit, dans l'obscurité et à l'ombre (3); mais on ne sait

(1) La durée des rejets de souches est quelques fois abrégée par la décomposition interne de la tige, qui n'a plus ensuite la force nécessaire pour soutenir le poids du développement du houppier.

(2) Pour certaines essences, l'absence du pivot chez les rejets de souches peut être une cause d'infériorité dans la durée de leur existence.

(3) D'après les recherches de M. Arloing (*Journal d'agriculture pratique du midi de la France*), vers le commencement du printemps, l'accroissement de l'axe ou des entre-nœuds s'est fait habituellement pendant les deux périodes diurnes, dont la température moyenne était de 17°, tandis que la température nocturne était de 4°; mais au milieu de l'été, l'accroissement s'est fait le jour et

pas encore, d'une façon bien certaine, si ce fait est le résultat d'une influence encore peu connue, qui porterait la cime de ces organes, c'est-à-dire les feuilles, à se rapprocher de la lumière et de la chaleur (1) et à vouloir s'étaler au soleil, ou bien si cette expansion verticale provient seulement de l'élasticité, de la turgescence (2), ou de la tension des tissus médullaires mous, provoquée par l'extension des cellules existantes, ou par leur multiplication. Cette dernière explication est la plus probable : elle justifierait la résorption des grains d'amidon qui a lieu dans l'obscurité, c'est-à-dire pendant la nuit, et leur utilisation à l'accroissement et à la formation de nouveaux tissus ligneux

Quoiqu'il en soit, l'allongement des axes n'a pas partout la même marche, ni la même intensité. La formation et la segmentation des cellules dans l'intérieur des mérithalles est, malgré la force produite par la turgescence des tissus, progressivement diminuée ou ralentie, suivant les variations de la pression ou le poids des formations supérieures, ou bien encore par suite de la tension de la cuticule. Il n'en est pas de même pour les extrémités des rameaux, pouvant se développer librement dans l'air ; comme pour ceux-ci, la multiplication des cellules, dans les bourgeons terminaux, et leur intumescence ne rencontrent pas d'obstacle à leur libre expansion dans la surface externe supérieure de ces organes, il en résulte que l'accroissement et l'allongement s'y produit en toute liberté et avec rapidité, suivant les forces de la végétation.

Ce phénomène subit une légère modification dans les or-

---

la nuit, sauf que pendant la période nocturne il a été beaucoup plus considérable. La température du jour était en moyenne de 37° et celle de la nuit de 20°. L'action trop vive de la chaleur solaire paraît ralentir le développement des végétaux, par suite d'une évaporation trop forte ; l'allongement serait activé au contraire par une température modérée, qui ralentirait cette fonction. Voir page 144, note 3 et page 149 note 1.

(1) M. William Crookes a constaté que la lumière et surtout la chaleur étaient douées d'une certaine force attractive. Peut-être que ces deux puissants agents de la végétation ont sur les plantes une influence plus considérable que celle qu'on leur a attribuée jusqu'à ce jour, mais de nouvelles expériences sont nécessaires pour éclairer ce point intéressant de la physiologie végétale.

(2) A l'exposition nord et à l'ombre, l'évaporation des feuilles est moins active et le sol renferme plus de fraicheur ; il en résulte que, dans ces conditions, les cellules et les tissus renfermant plus de liquide sont par suite dans un état de turgescence très-prononcée qui, d'après MM. Sachs et Hofmeister, est de nature à favoriser le développement terminal des cellules, et l'allongement des végétaux ligneux.

ganes souterrains. L'extrémité des racines, destinée à s'insinuer à travers les interstices des parcelles terreuses, est donc obligée de développer une certaine force pour s'allonger et triompher de la résistance opposée par la compacité de la terre. Aussi la formation et la multiplication des cellules ne s'effectue qu'au point végétatif, situé à peu de distance de l'extrémité de la radicelle, et à l'abri de la coiffe de tissus subéreux (1) qui la termine. L'effort produit par le gonflement des cellules, s'appuyant en arrière sur les tissus résistants déjà formés et en avant sur le tissu subéreux de la pilorhize, pousse ainsi la pointe de cet organe, et la fait pénétrer de vive force, comme un coin, dans les intervalles des parcelles terreuses. Cet ensemble de circonstances permet de comprendre l'allongement lent et irrégulier des racines, ainsi que leur disposition contournée, par suite de la résistance résultant de l'état et de la consistance du terrain.

L'allongement direct des axes aériens est suspendu ou arrêté, lorsque leurs extrémités sont terminées par des bourgeons florifères. Chez les vieux arbres, où la fleuraison est plus fréquente et plus abondante, le développement de la cime et des branches est peut-être autant entravé par cette circonstance, que par l'emploi de tous les sucs élaborés à la maturation des fruits et des semences produites.

Si la cause efficiente ou primordiale de l'allongement des arbres est encore discutée, le résultat n'en est pas moins certain : les arbres croissent et s'allongent beaucoup dans l'ombre (2). Aussi, indépendamment de toute autre circonstance, les arbres sont-ils, en général, beaucoup plus élancés aux versants nord et dans les gorges étroites, que dans les autres situations (3).

Dans un massif serré, les arbres sont droits et s'élancent davantage qu'à l'état isolé, parce qu'ils ne peuvent, à cause de leurs voisins, s'incliner d'aucun coté. Par la même raison, le milieu de la cime d'un arbre, entouré des autres branches et des feuilles du houppier, s'élève verticalement, parce qu'il ne peut pas prendre une autre direction ; cet effet est surtout bien marqué chez les essences résineuses, dans l'allongement

(1) Cette coiffe de tissus subéreux, formant l'extrémité des radicelles, a été appelée pilorhize.

(2) Voir note 3, page 153.

(3) Voir note 2, page 154.

de l'unique bourgeon terminal entouré de branches verticillées.

L'allongement vertical est en général d'autant plus énergique que l'arbre a plus de vigueur, que le terrain fournit plus de liquide pour la turgescence des cellules, et que la température est plus élevée ; il semble le résultat d'un effort raisonné de la lutte pour l'existence, en vue, pour le végétal, de ne pas être dominé et étouffé par ses voisins.

Il faut remarquer que les arbres en massif n'ont des organes vivants qu'à leur cime, et que par suite de cette circonstance, et des arbres environnants, ils ne peuvent se développer que par leur extrémité supérieure exposée à la lumière. Si on ajoute encore à cela que toute la sève élaborée par les feuilles se trouve ainsi à la partie culminante; que le développement végétal ne peut s'effectuer que par les bourgeons terminaux ; qu'aucun autre organe vivant ne peut enfin attirer la sève dans une autre partie de l'arbre, il devient facile de comprendre que, dans ces conditions, la plus grande partie des sucs végétaux soit nécessairement employée à l'allongement de l'axe, dont la végétation est alors par suite bien plus vigoureuse et plus active (1).

La hauteur que peuvent atteindre les arbres, dans leur croissance verticale, dépend probablement de la puissance ascensionnelle de la sève, par suite soit de la force d'endosmose des racines, soit de l'absorption des tissus. D'après les expériences de M. Jamin, la seule force de l'imbibition du bois varie de 4 à 6 atmosphères, c'est-à-dire ferait équilibre à une colonne d'eau de 40 à 60 mètres de hauteur (2). Si à cela on ajoute la force de succion des racines, qui est équivalente à un atmosphère environ, on peut alors admettre, qu'à moins de circonstances particulières, les végétaux ligneux peuvent facilement atteindre une hauteur de 50 à 70 mètres (3).

---

(1) Il faut cependant excepter le cas ou les fleurs se développent à l'extrémité de la tige ou de l'axe du végétal ; dans ce cas, sa croissance se trouve arrêtée, parce qu'il ne se forme pas de bourgeon terminal. La continuation de l'axe se fait alors à distance par la graine.

(2) D'après M. Clarke, la force d'impulsion de la vigne s'est montrée capable de soulever une colonne d'eau de 15^{m} 59; avec le *betula lenta*, elle est arrivée à 27^{m}53 pour une racine, et à 26^{m}70 pour le tronc.

(3) Ces calculs sont évidemment hypothétiques, parce que l'action de la force vitale, qui intervient dans ce phénomène, ne peut pas être calculée. Cependant si on tenait compte du résultat de l'évaporation sur l'ascension de la sève, et de l'action de la capillarité, surtout lorsque la colonne liquide est interrompue par

Le but de l'allongement des arbres semble être d'élever leur feuillage dans les airs (1), afin de permettre l'existence de plusieurs étages de végétaux (arbres, arbustes et herbes) sur la même étendue de terrain ; mais il faut pour cela que leur couvert ne soit pas trop épais, et que la fertilité du sol soit suffisante pour permettre le développement de toutes ces plantes.

§ 5. — *Grossissement de la tige.*

Le grossissement de la tige des arbres s'effectue en même temps que son grandissement, mais le maximum d'effet latéral ne se produit que lorsque l'allongement vertical de l'axe s'arrête, parce que la presque totalité de la sève élaborée est alors employée à cet accroissement du corps ligneux. Cette formation et ce grossissement de la tige, qui durent jusqu'à la mort de l'arbre, sont nécessités par l'obligation naturelle de fortifier et de solidifier toujours de plus en plus le pied du végétal, afin de lui permettre de supporter le poids des branches, dont l'allongement latéral va toujours en augmentant (2), lorsque le sol est assez fertile pour fournir les éléments du développement des branches et du tronc.

Le grossissement des arbres est plus ou moins influencé par la pression des couches corticales ; celles-ci, sous l'effort résultant du gonflement interne des tissus, produit par l'accu-

---

des bulles d'air, on obtiendrait, comme représentation de la force ascensionnelle de la sève, une colonne d'eau dont la hauteur justifierait facilement le développement vertical gigantesque de certains arbres remarquables par leurs dimensions.

(1) Dans le midi (arrondissements de Grasse et de Brignoles) on rencontre assez fréquemment un chêne rampant dont la tige, malgré les recépages, ne s'élève pas, et dont les racines traçantes se traînent et se développent presque à la surface du sol pierreux. Il existe également une variété de yeuse dont la tige ne s'élève pas à plus de 0^m30 c. à 0^m40 c, au-dessus du sol. Ces anomalies peu connues, et qui paraissent locales, n'ont pas encore été signalées ni expliquées.

(2) La preuve évidente de ce fait ressort de la comparaison des arbres ligneux, avec les arbustes sarmenteux et grimpants, destinés à se suspendre ou à s'attacher à un point d'appui quelconque. Ces derniers, en effet, quel que soit le développement de leurs organes foliacés, n'ont jamais qu'une tige très-longue, mais grêle et flexible, parce que cet organe ne sert qu'à transmettre aux feuilles les éléments puisés dans le sol par les racines. La différence dans la fonction de ces tiges fait comprendre la formation ligneuse spéciale des lianes.

Le palmier, dont la cime se modifie peu, c'est-à-dire n'augmente pas de poids, a une tige qui, dès le début, arrive au point de solidité nécessaire, et dont la grosseur change peu pendant toute son existence.

mulation des sucs pendant l'hiver, se fendent et s'élargissent le plus souvent en février ou en mars. Cet élargissement permet alors la formation de nouvelles cellules ligneuses, par voie d'accrétion ou de segmentation, dans l'intérieur des tissus vidés, par suite de l'emploi des substances amylacées à la production des nouveaux organes.

La circulation de la sève, après la foliation complète de l'arbre, et une certaine température semblent être les deux causes déterminantes du grossissement des arbres; il résulte en effet des expériences faites que l'accroissement ligneux est plus prononcé pendant les mois de juin, juillet et août (1) qu'aux autres époques de l'année.

D'après une expérience de Knight, l'agitation d'une tige par le vent est une condition favorable à son grossissement, parce que la flexion qui en résulte distend et relâche les couches corticales, ce qui permet un développement plus considérable et plus rapide des couches ligneuses. Indépendamment de toutes autres circonstances, cette remarque peut, jusqu'à un certain point, expliquer la croissance rapide des arbres isolés.

D'autre part, M. Bianchi a constaté que le tronc des arbres affecte, en général, une déformation provenant d'un renflement vers l'Est-Sud-Est de la circonférence, et il attribue cette modification à l'action calorifique des rayons solaires, qui échauffant davantage ce côté y activent la circulation de la sève (2). Cette exubérance de croissance, plus sensible sur

---

(1) M. Mohl à constaté que chez le peuplier grec, le pavia, le gleditzchia, le gymnocladus et le mûrier le pourtour de la tige grossit davantage, savoir : dans la première moitié de juin pour le peuplier; en juillet pour le pavia et le gleditschia ; en juillet et août pour le gymnocladus ; en août pour le mûrier, et pour la plupart des arbres au milieu de l'été.

M. Van Hall a conclu d'expériences continuées pendant 8 à 10 ans que le plus grand grossissement des arbres s'opérait aux mois de juin et de juillet.

M. Pannewitz a reconnu, par des mesures exactes prises de semaine en semaine, que la circonférence des arbres s'amplifie continuellement pendant leur période végétative, jusqu'à ce que vers le 8 août en moyenne, ils cessent de gagner en diamètre.

Il résulte de nombreuses mesures effectuées, pendant 3 années sur le *Populus monolifera*, par M. Thomas Meehan, que l'arbre n'a cru en grosseur que depuis le milieu de mai jusqu'à la mi-août, et que l'accroissement est plus considérable depuis le 15 juin au 15 juillet que pendant le mois précédent et le mois suivant.

(2) Buffon avait également constaté que la tige des arbres isolés n'est jamais

les arbres isolés et exposés au soleil que chez ceux crus en massif ou abrités, suffirait presque à expliquer pourquoi les arbres les plus gros se trouvent de préférence aux expositions méridionales, tandis que les arbres élancés sont, ainsi qu'on l'a dit, plus fréquents aux versants nords.

La force d'expansion des tissus végétaux ligneux est très-considérable (1), aussi le tronc des arbres vigoureux, et situés dans de bonnes conditions de végétation, est-il susceptible d'acquérir des dimensions gigantesques, et dont les limites extrêmes ne peuvent pas être fixées (2).

---

parfaitement cylindrique, et que le plus grand diamètre du tronc se trouve toujours dans la direction du vent régnant. On pourrait penser que cette forme ovale est le résultat d'une augmentation de croissance à cause de la flexion des tissus, ou qu'elle a pour objet d'accroître la résistance de la tige, afin de triompher de la force du vent, et de conserver la rigidité et la verticalité de la tige.

(1) D'après une expérience de M. W. S. Clark, président du collége d'agriculture du Massachusset, une courge de 22 pouces de circonférence, recouverte d'un masque ovale composé de barreaux de fer courbes, a soulevé, en grossissant et par le seul fait du développement des tissus, le poids de 2,500 kilogrammes.

On voit, dans la forêt de la Sainte-Baume (Var) un érable de 2m 10 c. de tour dont les racines ont fait fendre un bloc de rocher irrégulier, cubant environ près de 3 mètres cubes ; la pression des racines a donc exercé un effort faisant équilibre à un poids de 5 à 6,000 kilogrammes.

(2) Sans parler du châtaignier de l'Etna, ni du boabad de l'île de Ténériffe, voici quelques notes publiées par le *Journal des Débats*, du 16 septembre 1876, sur les arbres géants de la Californie :

— Un botaniste californien envoie à la *Rural Press* la mesure exacte des fameux *big trees*, ou arbres géants de la Californie, qu'il vient d'étudier.

Le « Père de la forêt, » qu'on disait remonter au déluge, doit avoir maintenant 1,500 ans. Son diamètre n'est pas, comme on l'a écrit jusqu'à ce jour, de 40 pieds, mais seulement de 10 pieds, à une distance de 6 pieds des racines.

Le récit des voyageurs, qui ont raconté leur entrée à cheval par l'ouverture qui existe dans le tronc de cet arbre gigantesque, n'est cependant pas exagéré. Dix chevaux peuvent pénétrer à la fois dans cette cavité, en faire le tour et sortir par l'autre extrémité.

D'après les mesures du botaniste californien, plusieurs arbres situés dans le South Park grove ont un diamètre supérieur à celui du « Père du la Forêt. » C'est ainsi que le « Trapper Smith » a 90 pieds de tour et 30 pieds de diamètre ; le « Livery Stable, » 84 pieds de tour ; et un autre arbre, dont le nom n'est pas connu, 27 pieds de diamètre. Il existe encore dans le South Park grove près de cinq cents arbres de dimensions variant entre 10 et 15 pieds de diamètre, mais leur âge a été très-exagéré. Le « fallen tree, » ou arbre tombé, mesure 15 pieds dans sa plus grande largeur.

D'après M. J.-J. Lemmon, botaniste américain, voici l'âge et les dimensions des *sequoia* géants de la Californie : un arbre, dont le diamètre était de 23 pie-

§ 6. — *Accroissement des arbres isolés.*

On sait que la formation ligneuse des arbres est en raison directe de leur feuillage. Dès lors, quand un arbre est isolé, et qu'il peut librement, et de tous les côtés, développer son houppier, dont toute la surface est ainsi également active, sa masse ligneuse peut, dans cette condition, croître et augmenter jusqu'à sa décrépitude.

L'action de la végétation implique, en effet, une formation continue de matière ligneuse juxtaposée aux couches antérieures, et ayant par conséquent pour résultat un accroissement quelconque, à moins que la désagrégation naturelle, ou la fermentation putride interne, ne détruise plus de matières que n'en produit la force végétative. Mais l'accroissement du corps ligneux ne suit pas une marche régulière et uniforme ; il est subordonné à tous les phénomènes de la végétation, et se trouve en corrélation avec le développement général des arbres.

A partir de la première année, chaque accroissement annuel ligneux ne peut se produire et se juxtaposer, que si l'arbre a conservé la production ligneuse de l'année précédente; chaque accroissement annuel est ainsi intimement lié et subordonné à toutes les productions préexistantes. Il en résulte que le produit ligneux d'une tige arborescente doit être considéré comme le résulat combiné de la fertilité du sol, mise en œuvre par la force de la végétation spéciale à chaque sujet, et agissant sur l'accumulation de toutes les formations ligneuses antérieures. (1) On doit donc apprécier la production annuelle ligneuse des arbres, soit au point de vue de la fertilité du sol, soit comme résultat de la vigueur de la végétation, ou bien comme le revenu de toutes les formations ligneuses antérieures conservées et capitalisées.

De l'étude des phénomènes de la végétation, il en résulte que l'accroissement annuel du volume ligneux d'un arbre dépend à la fois de la surface sur laquelle se forme la couche

---

avait, d'après le nombre des couches, 1260 ans; un autre renversé par le vent, et ayant 14 pieds de diamètre à 25 pieds de la base, aurait été âgé de 1232 ans. Enfin un arbre connu sous le nom de *leviathan*, ayant 300 pieds de haut et 18 pieds de diamètre à 6 pieds du sol, avait environ 1500 ans d'existence.

(1) L'accroissement annuel du matériel ligneux est, dit M. Nanquette, une fonction double du fonds de terre et des accroissements antérieurs.

ligneuse annuelle, et de l'épaisseur de cette couche, variable suivant la végétation (1). Or comme la quantité de sucs élaborés est ordinairement en raison directe du nombre et de la dimension des organes foliacés, il s'en suit d'une part que l'épaisseur de la couche ligneuse annuelle augmente progressivement chaque année, en même temps que le feuillage, lequel se multiplie, suivant le développement sphérique du houppier, par suite de l'allongement de tous les bourgeons terminaux des branches ; d'un autre côté, sa surface croît également en largeur, à cause de l'augmentation en diamètre de toutes les parties ligneuses, et en hauteur par suite de l'allongement de l'axe et des branches. Mais l'accroissement le plus fort s'effectue sur le grossissement du tronc, qui doit devenir de plus en plus solide, pour supporter le poids de tout le développement des organes aériens.

A partir de sa naissance, l'accroissement d'un arbre isolé suit donc, comme le développement de son feuillage, une marche progressivement ascendante : faible au début, il augmente graduellement chaque année.

Tant que cet état de végétation se continue, l'arbre est en voie de progrès, puisque son accroissement annuel (2) étant chaque année plus considérable, se trouve ainsi forcément supérieur à l'accroissement moyen de l'âge correspondant (3).

Mais il arrive bientôt un moment où la frondaison des arbres, ayant atteint son point culminant, reste stationnaire, et où la production des fruits est plus abondante. L'arbre ne croît plus alors en hauteur, et l'épaisseur des couches ligneuses annuelles devient à peu près uniforme ; mais comme le diamètre du corps ligneux grossit nécessairement chaque

(1) Le volume en matière d'un arbre ne peut être calculé qu'approximativement tant qu'il est sur pied ; cependant lorsqu'il ne s'élance plus, on obtient des résultats comparatifs satisfaisants, en ne faisant entrer dans les éléments du calcul de cubage que la circonférence et la hauteur de la tige, qu'on peut mesurer à peu près exactement.

(2) L'accroissement annuel est formé par la couche ligneuse qui se dépose, chaque année, sur le bois de l'année précédente des branches et de la tige ; c'est, en réalité, le volume dont un arbre augmente pendant l'année.

(3) L'accroissement moyen s'obtient en divisant le volume total de l'arbre par le nombre d'années de sa croissance. Les accroissements annuels moyens se calculent en additionnant les accroissements annuels successifs aux différents âges, et en divisant chaque somme par l'âge correspondant, que l'on désire connaître.

année, il s'en suit que, malgré l'égalité d'épaisseur des couches, le volume ligneux provenant de la formation annuelle progresse encore.

Puis arrive enfin le moment où la cime de l'arbre perd sa forme conique et s'applatit; quelques branches meurent; l'allongement des bourgeons terminaux s'arrête ; le développement foliacé est moins complet, et toutes les forces de la végétation sont employées à la fructification. Dans ces conditions, l'épaisseur des couches ligneuses annuelles va sans cesse en diminuant lentement; alors comme l'arbre ne grandit plus, et que l'augmentation circulaire du corps ligneux cesse de compenser l'amincissement des couches nouvelles, il arrive enfin que l'accroissement annuel devient égal à l'accroissement moyen : à cette période le végétal a atteint son maximum d'accroissement.

Le volume ligneux d'un arbre augmente sans doute jusqu'à sa mort ; mais une fois que le maximum d'accroissement est atteint, l'augmentation va en diminuant successivement, au fur et à mesure de la réduction et de l'amoindrissement du houppier, jusqu'à la cessation de la végétation.

Telle est la marche de la croissance d'un arbre isolé. Comme tous les corps organisés, les végétaux ligneux grandissent, deviennent adultes et déclinent ensuite pour mourir ; leur accroissement suit les mêmes phases. Le volume ligneux produit par un arbre n'a donc pas de règle fixe, puisqu'il est subordonné à la nature même du sujet et à la vigueur de sa végétation, laquelle est influencée et déterminée par les influences extérieures et surtout par la fertilité du sol ; mais il peut être très-considérable, attendu que rien ne limite l'expansion de son appareil foliacé.

LIVRE III

DES TERRAINS

CHAPITRE I

De la nature et des qualités des terrains

Section I. — Du sol et du sous-sol, relativement a la stabilité et a la nutrition des végétaux en général.

Dans ses rapports avec la végétation, la croûte terrestre peut être envisagée sous plusieurs points de vue différents. Elle mérite d'abord une étude particulière, relativement à l'importance spéciale de ses diverses capacités afférentes soit à la couche supérieure ou terre arable, soit à la couche inférieure ou sous-sol, ainsi qu'aux qualités de chacun de ses éléments minéraux constitutifs, (argile, sable et calcaire) et à leurs multiples combinaisons. Il faut ensuite examiner les conséquences des diverses propriétés physiques (densité, imbibition, porosité, consistance, etc., etc.) de ces éléments, relativement à la fertilité et à la culture du sol, et enfin, en dernier lieu, l'importance et l'influence du dépôt des matières végétales tombant naturellement sur le sol, pour s'y transformer peu à peu en une substance spéciale, désignée sous le nom d'humus.

Il importe d'ajouter que le relief extérieur de la couche de terre arable a une influence considérable sur le développement des végétaux, par suite de la déclivité, de la situation et de l'exposition du terrain; il en est de même de son degré d'humidité, et de son contact avec des eaux superficielles ou souterraines, courantes ou stagnantes.

Considéré d'une façon absolue, le sol a une double fonction par rapport aux arbres; il doit leur assurer une assiette solide, et leur fournir une partie des éléments nécessaires à leur développement.

La solidité, la stabilité et la fixation des plantes au sol dépendent de la résistance à l'arrachement produite par les racines ; ce résultat procède à la fois de la compacité et de la ténacité du terrain, ainsi que du poids de la masse de terre s'appuyant sur les organes souterrains, et faisant équilibre à la charge des branches et de tout le houppier.

L'appareil radiculaire des arbres agit de deux façons, suivant que les racines sont pivotantes ou traçantes. Dans le premier cas, la rigidité et la force de la tige rendent solidaires le pivot et le houppier ; l'arbre ne peut pas alors être arraché, mais le tronc peut être brisé par la violence du vent, ou le poids de la neige ou du givre. Un sol perméable, profond et un peu compacte assure aux végétaux ligneux de cette catégorie une assiette très-solide.

Lorsque les racines sont traçantes ou obliques, elles agissent alors à la façon des haubans ou des amarres, et leur force de résistance dépend autant des points d'attache qu'elles peuvent trouver dans le sol, que du poids de la masse de terre qui les comprime. Pour les arbres de l'espèce, quoique un sol profond soit toujours avantageux, un terrain rocheux et fissuré présente les meilleures conditions de solidité.

Dans tous les cas, lorsque le sol est compacte, un arbre y acquiert, avec moins de racines, une stabilité plus grande que dans un terrain meuble et léger avec des racines très-développées.

En ce qui concerne les conditions du développement et de la nutrition des plantes, il est indispensable d'examiner séparément la couche supérieure du sol désignée sous le nom de couche arable, et la portion souterraine constituant le sous-sol, qui peuvent isolément présenter, dans leur constitution et leurs éléments, de notables différences.

L'écorce solide du globe est constituée soit par des roches éruptives, soit par des terrains de sédiment sur lesquels se sont lentement déposés les détritus organiques des végétaux de l'époque actuelle. Puis peu à peu, sous la double action des influences atmosphériques et de la végétation, les roches se sont désagrégées, et du mélange de tous les débris minéraux et végétaux s'est formée la portion de terre végétale fertile, qui constitue la couche arable du sol, dans laquelle germent les semences, et où les jeunes plants trouvent les premiers éléments de leur développement.

Mais, au fur et à mesure de leur croissance, les racines, qui s'enfoncent dans le sol, dépassent parfois l'épaisseur de la couche fertile et atteignent alors le niveau du terrain sédimentaire non modifié, constituant le sous-sol. Cette couche renferme d'ailleurs le plus souvent les mêmes éléments minéralogiques que la terre arable, dont elle ne diffère que par l'absence des détritus organiques, et la privation de l'influence fertilisante des agents atmosphériques.

Au point de vue de l'accroissement et de la durée des arbres, dont les racines très-pivotantes s'enfoncent profondément, la nature du sous-sol, sa compacité ou sa perméabilité sont des points d'une haute importance, parce que les végétaux peuvent ainsi trouver plus bas des éléments de nutrition, faisant défaut à la couche arable ; cette circonstance peut aussi corriger tel inconvénient résultant d'une condition particulière du terrain. Selon les climats et les situations, il est en outre intéressant de savoir si le sous-sol est profond, perméable ou imperméable, parce que ces qualités peuvent influer considérablement sur les degrés de sécheresse ou d'humidité de la couche superficielle, d'où il en résulte naturellement des modifications considérables dans les conditions normales du développement des végétaux.

Section II. — Influence de la nature du sol sur la distribution et la végétation des arbres.

Partant de ces principes que certaines plantes paraissent spéciales à certains sols, et que chaque espèce de végétal extrait ou retire constamment de terrains différents, les mêmes principes nécessaires à son organisation, on a cherché, au moyen de l'analyse chimique, à déterminer les éléments minéralogiques absorbés par chaque plante, pour essayer d'en conclure les terrains les plus favorables à leur développement.

Il est sans doute bien évident que chaque espèce végétale a une certaine préférence pour tel ou tel principe minéral, et que les racines cherchent naturellement à s'assimiler, dans chaque sol, les éléments dont la plante a besoin pour son accroissement. Mais on est dans l'erreur, lorsqu'on croit pouvoir, en déterminant après l'incinération les principes terreux fixés dans chaque végétal, connaître par suite ses exigences ou ses aptitudes.

Ce procédé n'a pas en effet la précision supposée (1), parce que la nature des matières minérales absorbées ou fixées par les arbres, et qui constituent les cendres, varient d'abord suivant la portion du végétal incinéré, et que, en outre, la proportion des cendres va toujours en augmentant depuis les tissus les plus vieux jusqu'aux plus jeunes, où l'évaporation est plus considérable (2).

Les substances trouvées dans les cendres des végétaux n'indiquent donc que les conditions dans lesquelles ceux-ci ont vécu, et non pas celles où ils désirent vivre. Néanmoins, en rapprochant et en comparant les résultats de la végétation des arbres, avec les conditions dans lesquelles elle s'est produite, on peut souvent en retirer un enseignement précieux, relativement aux conditions favorables pour leur croissance et aux terrains qui leur conviennent. Ces observations prouvent d'ailleurs que les qualités physiques du sol ont souvent plus d'influences sur la végétation que ses éléments chimiques.

La discussion des faits recueillis au sujet de l'influence du sol, sur la distribution des plantes, a conduit à des conclusions parfois contradictoires ou divergentes. Mais on admet cependant, d'après les recherches de M. Ch. Contejean, que la flore terrestre « se compose de plantes *calcicoles* (3), fixées par le » carbonate de chaux; de plantes *calcifuges* (4), repoussées » par cette substance; et de plantes *indifférentes*, qui ne sont » attirées ni repoussées par le calcaire, et qui végètent dans » toute espèce de milieu non salé. Rien ne prouve que la

(1) Si de nombreuses analyses de cendres provenant de plusieurs échantillons de la même essence, pris à des âges divers, dans des parties distinctes et dans des terrains différents indiquaient toujours la même prédominance bien marquée d'un même principe minéralogique, on pourrait sans doute en conclure que cet élément est favorable à sa végétation. Les recherches chimiques n'ont pas encore été effectuées dans cet ordre d'idées; aussi la détermination de la proportion des cendres et des substances minérales fournies par l'analyse de diverses essences n'a donné jusqu'à présent qu'une série de chiffres presque sans valeur comparative.

(2) V. Organes de support, pages 120 et suivantes.

(3) La plupart des essences forestières et principalement le chêne vert, le pin d'Alep, le bouleau, les fruitiers, etc., sont généralement calcicoles ; le hêtre et le buis sont à cet égard les plus exigeants.

(4) Parmi les essences calcifuges, on peut citer surtout le chêne liège, le chêne occidental, le châtaignier et le pin maritime. Le chêne rouvre, le sapin, le charme, l'orme etc., sont des essences indifférentes. La bruyère blanche ne se trouve que dans des terrains mélangés de serpentine.

» silice exerce la moindre influence chimique ; jusqu'à plus
» ample informé, on doit la considérer comme un milieu neutre
» et inerte, servant de refuge aux plantes expulsées par la
» chaux. Quoique la potasse soit indispensable aux plantes
» terrestres, et sans doute aussi aux plantes marines, elle ne
» paraît exercer aucune influence appréciable sur leur dis-
» persion spontanée. La magnésie ne paraît exercer aucune
» action par elle-même. Les oxydes de fer paraissent égale-
» ment inertes. L'argile n'exerce aucune action chimique; son
» influence est purement physique. »

D'après M. Chatin, la prédominance de la nature du terrain se fait sentir dans des limites assez larges, puisque les végétaux silicicoles continuent à se montrer, tant que la terre végétale ne contient pas plus de 1,50 p. 0/0 de chaux. D'après le même auteur, la limite extrême en terrain calcaire que peut supporter le châtaignier, essence essentiellement silicicole, est de 3 p. 100; MM. Fliche et Grandeau ont également reconnu que les pins maritimes dépérissaient, lorsque la proportion de calcaire contenue dans le sol était supérieure à 3 p. 0/0.

Il résulte enfin des études de M. Grandeau (la nutrition minérale des végétaux), au sujet des expériences de M. Ebermayer sur les hêtres, épicéas et pins, qu'en ce qui concerne l'absorption ou l'assimilation des principes minéraux, le hêtre est l'essence la plus exigeante, puis vient l'épicéa et enfin le pin (1); que la production d'un mètre cube plein de quartier de hêtre exige trois fois plus de matières minérales que celle du même volume de quartier d'épicéa, et quatre fois et demi plus que celle du mètre cube de pin; que la formation des rondins absorbe près du double des matières minérales employées à la production du bois de quartier, et que celle des fagots est encore environ le double de celle des rondins, et par conséquent bien près de quatre fois en moyenne celle du tronc.

Section III. — De la nature des terrains.

§ 1. — *L'Argile.*

L'argile, terre glaise, terre à poterie, provient de la décom-

(1) Le pin noir est surtout très rustique et prospère dans les terrains les moins productifs.

position des roches feldspathiques (1) : cette matière conserve l'eau absorbée et ne la perd que lentement. A l'état humide, l'argile est plastique et tenace, mais en se desséchant, elle éprouve un grand retrait, se crevasse et acquiert en même temps la dureté de la pierre. Elle est lente à changer de température.

Mélangée dans une certaine proportion, l'argile est un élément de fertilité du sol, dont elle conserve la fraîcheur ; elle donne de la consistance à la terre, qui devient ainsi forte et résistante. Mais si elle domine, ses propriétés sont nuisibles par l'excès de l'humidité, ou de la dessication du sol : le terrain devient alors lourd et compacte. Les sols argileux, ordinairement constitués en couches puissantes et ne se desséchant jamais profondément, sont particulièrement favorables à la végétation des essences pivotantes ; leurs racines peuvent en effet s'y enfoncer facilement, en y trouvant la fraicheur nécessaire à la bonne végétation des arbres. Dans les pays humides et brumeux, les terrains de cette nature conviennent à presque toutes les essences, parceque la superficie du sol ne se dessèche et ne durcit pas, par suite de la propriété que possède l'argile d'absorber l'humidité de l'atmosphère.

Le retrait des terrains argileux donne naissance, pendant l'été, à des crevasses profondes, qui peuvent être préjudiciables aux jeunes sujets ; pendant l'hiver, ces sols gonflés d'eau se soulèvent sous l'action des gelées et déchaussent les plants ou découvrent les graines, ce qui peut nuire à leur développement et même entraîner leur perte, après le dégel.

Dans les sols argileux et compactes, les graines doivent être moins profondément enterrées, afin d'être mieux soumises aux influences de la chaleur et de l'air, qui pénétrent plus difficilement dans l'argile que dans les autres terrains.

A cause de leur plasticité, les terrains argileux ne peuvent être cultivés que lorsqu'ils sont un peu secs ; mais on doit néanmoins éviter d'attendre, pour les défoncer, leur complet durcissement pendant l'été, parce que cette circonstance rend le travail plus difficile. Par contre, les gelées de l'hiver ameublissent ces terrains, en les émiettant et les désagrégeant.

Les sols argileux sont généralement riches et fertiles, par

(1) Les débris de roches calcaires forment aussi une espèce de limon plastique, ressemblant à l'argile lorsqu'il est mouillé, mais qui en diffère par la propriété qu'il a de devenir pulvérulent en séchant.

suite de la faculté que possède l'argile d'absorber et de conserver tous les éléments fertilisants ; généralement profonds, frais et subtantiels, ils présentent, surtout dans les climats tempérés, des conditions favorables à la croissance rapide de presque tous les arbres, et principalement des essences épuisantes et à racines pivotantes (1).

§ 2. — *Le Sable.*

Le sable ou silice est une matière divisée, pulvérulenté, mobile, sans cohésion ni résistance et provenant de la décomposition des roches calcaires ou siliceuses. Le sable absorbe peu d'eau et ne la retient pas; il se mouille et se déssèche vite, et sans retrait. Cette matière change lentement de température et par suite préserve souvent du froid les jeunes plants qui, dans ce terrain, ne seront pas exposés à être soulevés et déchaussés par le gel et le dégel. Le sable s'échauffe et élève la température de l'air ambiant, parce qu'il rayonne beaucoup.

L'excès de sable dans un terrain le rend parfois infertile, parce que à cause de sa légèreté et de sa sécheresse, les végétaux n'y trouvent pas alors assez de stabilité, ni de fraîcheur, ou de substances assimilables. Mélangé dans une certaine proportion, le sable donne à la terre de la souplesse, empêche son échauffement ou sa dessication, et la rend apte à produire toute espèce de végétaux. Comme cette substance facilite la décomposition des matières organiques, les terrains sablonneux conservent moins longtemps leur fertilité que les terrains argileux, et la végétation y est parfois vigoureuse mais de moins longue durée.

Les sols sablonneux n'absorbent pas l'humidité de l'air, et leur surface se dessèche facilement et vite, à cause de l'évaporation active dont elle est le siége. Malgré l'ascension des liquides souterrains, par suite de la capillarité, il arrive alors parfois que la couche superficielle des terrains sableux manque de fraîcheur, tandis que les couches inférieures et profondes conservent l'humidité, et cette circonstance peut, dans bien des cas, arrêter la végétation des jeunes plants, ou des essences traçantes.

---

(1) Les essences principales qui recherchent les terrains argileux sont : le chêne pédonculé, le chêne rouvre, le charme, le tilleul, l'aune, le sapin l'épicéa, le mélèze, le hêtre, l'orme, etc.

Dans les terrains légers où le sable domine, on doit enterrer les semences plus profondément, afin d'éviter qu'elles soient découvertes par le vent, et pour leur conserver un peu d'humidité, d'autant que l'air pénètre facilement les terres de cette nature.

Les sols sablonneux ou sableux, généralement légers, secs, peu profonds et peu fertiles, ne peuvent souvent fournir des éléments de végétation qu'aux essences (1) peu exigeantes au point de vue de la fécondité du sol, résistant aux sécheresses et dont les branches sont peu développées. Malgré la croissance vigoureuse du recru pendant les premières années, les aménagements en taillis conviennent peu aux forêts situées dans les terrains de cette nature, parce qu'on a remarqué que certains arbres y perdaient de bonne heure la faculté de repousser de souches (2).

Les futaies d'essences résineuses (3) y réussissent par contre très-bien, parce que ces arbres peu délicats, et vivant en partie aux dépens des éléments atmosphériques, trouvent dans le sable assez d'humidité pour suffire aux conditions de leur végétation.

Les sols argilo-siliceux, c'est-à-dire renfermant un mélange convenable de sable et d'argile, réunissent les conditions les plus favorables à la croissance de presque toutes les essences forestières importantes, à l'exception de celles qui recherchent les terrains absolument calcaires.

§ 3. — *Le Calcaire.*

Le calcaire (4), pierre à chaux, carbonate de chaux tient le

---

(1) Les essences qui prospèrent le mieux dans les terrains sablonneux sont le pin maritime, le pin laricio, le pin sylvestre, l'épicéa, le mélèze, le châtaignier, le robinier, les saules, le peuplier, l'orme, le bouleau, le chêne liège, le pin pignon, l'olivier, etc. Le pin maritime n'est cependant jamais spontané dans les sables calcaires; il en est de même du châtaignier et du chêne liége.

(2) D'après Pfeil, le hêtre et le chêne paraissent perdre, dans les sols sablonneux, la faculté de repousser de souches vers l'âge de 30 à 40 ans; pour le bouleau, ce fait se produit vers l'âge de 20 ans.

(3) Les arbres résineux qui forment de belles futaies dans les terrains sablonneux sont : le pin sylvestre, le pin maritime, le pin laricio, le cèdre et l'épicéa.

(4) D'après les expériences de M. Bœhm (*Annales agronomiques*) la chaux a une action importante sur le développement des végétaux calcicoles, dont le système foliaire est en général très développé; elle ne peut être remplacée par

milieu entre l'argile et le sable. En masse sèche et concrète, il est plus dur que l'argile; brisé, il se réduit en poussière plus ténue que le sable, et mélangée avec l'eau, cette poudre forme alors une pâte souple et liante, mais non plastique.

A l'état pur, le calcaire constitue un sol sec, compacte et infertile; mélangé avec le sable et l'argile en proportions convenables, il forme alors un très-bon terrain, par suite de l'équilibre heureux qui s'établit entre les diverses propriétés contradictoires de ces matières.

Le calcaire ne forme pas de croûte à la surface, ce qui facilite l'absorption de l'eau et diminue l'échauffement et l'évaporation du sol; suivant leur contexture, les terres calcaires, par suite de la capillarité, conservent parfois un peu de fraîcheur qui, des couches intérieures, se communique alors jusqu'à la superficie.

D'après M. Déhérain, les terrains contenant du sulfate de chaux sont plus favorables à la végétation des plantes à racines profondes et pivotantes (1), que ceux où le calcaire est à l'état de carbonate de chaux (2) : ces derniers conservent les principes nutritifs à la surface. D'après M. de Saussure, les plantes croissant dans les terrains calcaires sont plus nourrisantes que celles venues dans les sols granitiques.

L'état physique sous lequel les matières calcaires se trouvent disséminées dans le sol a une grande influence sur la végétation. Compactes, dures et cristallisées, elles constituent alors les roches complétement infertiles et impropres par elles-mêmes à toute espèce de culture; si elles forment au contraire des amas de matières ténues et pulvérulentes, ou si elles sont en grumeaux de dimensions plus ou moins considérables, mais susceptibles de s'effriter et de se diviser sous l'action des agents atmosphériques, le terrain offre alors des conditions favorables au développement des végétaux.

Les substances calcaires se présentent le plus souvent à un état mixte, c'est-à-dire sous la forme de rochers, pierres et pierrailles plus ou moins dures et compactes, et variant de

---

aucune autre substance. Cette action, quoique constatée, n'a pas encore reçu une explication bien satisfaisante, et il en est de même du rôle de la chaux au sujet de la migration de l'amidon dans les différentes parties des plantes.

(1) Les plantes de la famille des légumineuses (robiniers) réussissent surtout bien dans ces terrains.

(2) Dans la craie, les plantes annuelles viennent mieux que les arbres.

volume, depuis les blocs énormes jusqu'à la dimension du grain de sable fin. Leur action chimique, au point de vue de la nutrition végétale, est alors modifiée ou influencée par l'action physique résultant de leur dimension, de leur abondance et de leur mode de mélange avec les éléments étrangers.

Les petites pierres, ou cailloux ronds facilitent le dessèchement du sol, tandis que les débris de pierrailles et les grosses pierres plates (1) conservent au contraire la fraîcheur et l'humidité de la terre. Les terrains rocheux, mais fissurés, sont favorables au développement des essences à racines obliques ou tracantes; ceux mélangés de pierres et de pierrailles sont en général perméables, et conviennent par conséquent aux arbres à racines pivotantes, qui peuvent trouver dans les couches profondes du sous-sol l'air et la fraîcheur nécessaires à leur végétation (2). D'après Gand, les arbres des terrains calcaires ont le bois plus dur que ceux des autres terrains.

Section IV. — Propriétés physiques des terrains.

§ 1. — *Observations générales.*

La terre arable est formée d'argile, de sable et de calcaire, mélangés dans des proportions diverses, et renfermant une certaine proportion de substance organique ou détritus végétaux; il en résulte que les qualités des sols varient suivant la prédominance de l'un ou l'autre de ces éléments, dont les propriétés physiques sont très-différentes.

D'après Thurmann (3), c'est aux propriétés physiques du

(1) Lorsqu'on effectue des semis dans les terrains pierreux et rocheux, il est avantageux de conserver les pierres à la surface du sol, pour maintenir à la terre un peu de fraîcheur très favorable à la germination des semences; dans le canton de Vaud (Suisse), on couvre le sol des vignobles en terrasses, avec un lit de débris de roches concassées menu, afin d'entretenir la fraîcheur du sol.

(2) Les végétaux qui recherchent les sols calcaires sont le pin d'Alep, le pin d'Autriche, le hêtre, le chêne vert, le chêne kermes, le sorbier, le cerisier, l'orme, etc. Le pin d'Alep et le chêne vert sont les essences qui réussissent le mieux dans les terrains calcaires, et les rochers arides et brûlés par le soleil. D'après M. Chatin, le chêne pubescent (prétendu chêne truffier) serait l'arbre des terrains calcaires, secs, rocailleux et arides de la Provence.

(3) Voir Duchartre. *Eléments de botanique.*

sol, particulièrement à sa désagrégation plus ou moins complète, à l'avidité avec laquelle il retient l'eau ou à la facilité avec laquelle il la laisse passer, qu'on doit attribuer l'influence, dont on avait cherché la cause dans la seule composition chimique. Mais comme l'état physique du sol se relie presque toujours directement à son état chimique, il s'en suit qu'on ne doit pas exagérer une influence qui se rattache ainsi à une double cause.

§ 2. — *Densité — Compacité — Ténacité.*

La trop grande densité ou compacité du sol, c'est-à-dire son tassement, est contraire à la bonne végétation des plantes, parce que la terre pressée s'échauffe davantage, devient plus séche, et prive les racines de l'influence de l'air. On doit tenir compte de ces circonstances pour déterminer la profondeur à laquelle on doit enterrer les semences, ou mettre les racines des jeunes plants.

Par contre, les terrains compactes et tenaces offrent une assiette très-solide aux végétaux, lorsque leurs racines y ont pénétré.

D'après M. Jœger, une couche épaisse de fumier répandue en couverture sur le sol pendant l'hiver, rend la terre meuble et fine, tandis qu'elle devient dure et compacte en terrain découvert ; c'est donc à la couche de feuilles mortes, qui recouvre le sol des forêts, qu'il faut attribuer l'état meuble de la terre dans les massifs boisés.

Sous le rapport de la densité, les terrains se classent dans l'ordre suivant : sable, argile et calcaire. Les terres humides et fortes sont plus denses que les terres légères et sèches.

La ténacité n'est pas un état particulier d'un terrain, attendu que cette propriété varie avec son degré d'humidité (1), et on doit, par conséquent, tenir compte de cette circonstance pour la culture des terres. Un sol argileux ne peut être travaillé que lorsqu'il est à peu près sec, tandis qu'une terre légère se cultive facilement en toute saison. Au point de vue de la ténacité, l'argile occupe le premier rang, puis vient le calcaire et en dernier lieu le sable.

---

(1) Les feuilles mortes entretiennent l'humidité du sol, en empêchant l'évaporation de l'eau.

§ 3. — *Perméabilité — Porosité — Absorption.*

La perméabilité du sol et sa porosité, en facilitant la circulation de l'oxygène de l'air et par suite la décomposition des matières organiques, ont pour résultat d'en augmenter la fertilité. Le pouvoir absorbant des terres, en ce qui concerne les matières fertilisantes, varie avec leur composition, mais plus un sol est riche en matières organiques, plus il absorbe et retient l'ammoniaque des pluies et plus il devient productif. Les terrains argileux jouissent au plus haut degré de cette faculté d'absorption, qui diminue dans le calcaire et disparaît presque pour le sable

Les sols divisés (pierreux), très-perméables laissent facilement pénétrer les racines des végétaux, qui y trouvent ainsi de bonnes conditions de stabilité.

§ 4. — *Imbibition — Evaporation.*

La faculté d'imbibition varie suivant la nature, la composition et l'état physiques des terrains ; elle s'exerce soit en conservant l'eau de pluie tombée et absorbée, soit en condensant et en s'appropriant la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère, ou bien en faisant remonter à la surface, par suite de la capillarité, l'eau retenue dans les couches inférieures du sol. Sous ces divers rapports, le calcaire, qui tient le premier rang pour l'imbibition, le cède à l'argile pour la conservation de l'humidité, et les sables qui se dessèchent vite, par suite de l'évaporation, viennent en dernier lieu. En ce qui concerne la capillarité, l'argile occupe le premier rang, puis vient le sable et le calcaire.

La faculté de l'évaporation, ou de la perte des liquides est en sens inverse de celle de l'imbibition ; elle varie considérablement suivant que le sol est nu, ou boisé et couvert de feuilles mortes et autres détritus végétaux (1). On peut, à cet

(1) Il résulte des expériences de MM. Mathieu et Ebermayer, que les sols forestiers dépouillés de leurs détritus (feuilles etc.), saturés également d'eau et situés dans des conditions identiques évaporent en moyenne moitié moins d'eau qu'un sol nu ; si le sol forestier est en même temps boisé, et garni de sa couverture de feuilles mortes, son évaporation n'est plus alors que le quart (22 p. 0/0) de celle qui a lieu sur un sol dépourvu d'arbres. (*Journal d'agriculture pratique*. La nutrition minérale des végétaux par M. GRANDEAU).

égard, dire que si la fertilité d'un terrain dépend en partie de sa fraîcheur, sa force d'imbibition est en relation directe avec son degré de fertilité.

§ 5. — *Echauffement.*

L'échauffement des terres sous l'action des rayons du soleil dépend: 1° de leur surface plus ou moins unie, tassée ou soulevée; 2° de leur coloration plus ou moins foncée; 3° de leur exposition, et de l'angle d'incidence des rayons solaires; 4° de leur degré d'humidité.

Les terres divisées s'échauffent difficilement, parce que l'air disséminé dans leur cavité, et qui est mauvais conducteur, empêche la propagation de la chaleur. Les terres blanches reflètent les rayons du soleil, tandis que les terres colorées les absorbent, et s'échauffent par suite rapidement; il en est de même pour les versants méridionaux un peu inclinés, sur lesquels les rayons du soleil frappent normalement et pendant toute la journée.

Les terrains secs s'échauffent davantage et plus vite que ceux humides, à cause de l'évaporation qui, chez ces derniers, tend à abaisser la température; sous ce rapport, la perméabilité du sous-sol influe considérablement sur l'échauffement de la couche arable. Les roches et les pierres s'échauffent assez facilement, mais la chaleur s'y propage lentement, de telle sorte que ces matériaux conservent, au sol qu'ils recouvrent, une certaine fraîcheur, souvent favorable à la végétation.

Les terrains boisés s'échauffent moins que les terres nues et, à égalité de rayonnement nocturne, elles se refroidissent davantage (1). D'après les recherches de M. Ebermayer, relatées par M. Grandeau, la température annuelle est de un degré et demi environ plus basse dans un sol boisé, que pour un terrain découvert. L'influence des forêts est beaucoup plus marquée pendant l'été et les grandes chaleurs, qu'à toutes les autres saisons; à cette époque, la température d'un terrain boisé, depuis la surface jusqu'à 1 m. 30 c. de profondeur, peut être de trois degrés environ inférieure à celle d'un terrain découvert.

(1) Le même fait se produit pour une terre fraîchement remuée ou labourée.

Section V. — Détritus formant la couverture (1) du sol. — Humus.

Les débris organiques des végétaux, les feuilles mortes, les mousses qui couvrent le sol des terrains boisés et se tranforment lentement en humus sont, sans contredit, le principal élément de la vigoureuse végétation des forêts ; la disparition de ces substances est la cause de la stérilité des terrains déboisés.

L'importance des détritus de cette nature, qui s'accumulent sur le sol, a principalement pour origine la défeuillaison annuellement périodique des végétaux, et dépend, par conséquent, de la quantité, c'est-à-dire du nombre et de la dimension des organes foliacés. D'après les expériences faites en 1873, par M. Weber (2), des feuilles de hêtre, prélevées sur des arbres croissant dans des conditions identiques de sol et de végétation, ont montré une diminution superficielle progressive suivant l'altitude ; on serait alors tenté de conclure de cette observation, que le pouvoir fertilisant des bois est plus considérable dans les plaines que sur les montagnes.Mais comme la réalité des faits ne justifie pas la généralisation de cette conclusion, il est probable que, suivant les circonstances, la diminution de la superficie individuelle des feuilles est compensée par un nombre plus considérable de ces organes.

D'après les recherches de M. Ebermayer, le rendement absolu de tous les détritus, qu'il appelle *couverture de la forêt*, varie suivant les massifs, l'essence, le mode d'exploitation, les localités et les années; les expériences effectuées en Bavière, sur ce point, ont fourni des résultats instructifs consignés dans le tableau ci-après.

---

(1) M. Ebermayer désigne sous le nom de *couverture de forêts*, les feuilles, les aiguilles des résineux, les branchettes, les fruits, etc., c'est à dire tous les détritus forestiers qui tombent sur le sol et ne sont pas enlevés par l'exploitation.Ces parties ou organes des arbres,dans lesquels l'activité vitale a disparue, sont moins riches en potasse et en acide phosphorique que les mêmes parties vivantes, mais elles contiennent une plus grande proportion de chaux et de silice. (*Journal d'agriculture pratique*. Grandeau).

(2) Voir page 53.

NATURE DU MASSIF.	MOYENNE GÉNÉRALE DU POIDS DE LA COUVERTURE PAR HECTARE.			OBSERVATIONS
	Annuelle	Trisannuelle	Sexennale	
Hêtres de 30 à 60 ans.	4182 kil.	9693 kil.	8460 kil.	
— 60 à 90 —	4094 —	6177 —		
— Au-dessus de 90 —	4044 —	8612 —		
Epicéas de 30 à 60 —	3964 —	8290 —	9390 —	
— 60 à 90 —	3376 —	7170 —		
Au-dessus de 90 —	3273 —	7314 —		
Pins de 25 à 50 —	3397 —	8004 —	13729 —	
— de 50 à 75 —	3491 —	8729 —		
— de 75 à 100 —	4229 —	10228 —		

Dans les forêts qui n'ont jamais été soumises à l'enlèvement des feuilles mortes, le poids moyen des détritus formant la couverture est beaucoup plus considérable, et s'élève aux chiffres suivants, par hectare :

Forêt de hêtres. 10417 kilogrammes.
Forêt d'épicéas.. 13859 id.
Forêt de pins.... 18229 id.

L'ensemble de ces chiffres, ainsi que le fait remarquer M. Grandeau (1), fournit des indications précieuses et nouvelles sur le phénomène de la défeuillaison des arbres, et l'importance des feuilles mortes et autres détritus, par rapport à la fertilisation du sol des forêts. Il résulte en effet des chiffres du tableau ci-dessus, que le poids de la couverture (et par conséquent des feuilles (2) qui en forment la majeure partie), est à peu près uniforme quel que soit l'âge des peuplements, dont l'état plus ou moins homogène et complet n'a pas été indiqué; que la période nécessaire pour la décomposition des feuilles et leur transformation en humus est d'environ 2 ans pour le hêtre, de 2 ans et trois mois pour l'épicéa et de 2 ans et six mois pour le pin.

M. Ebermayer a également fait des expériences sur le volume des feuilles tombées, et il a reconnu : 1° qu'un mètre cube

(1) La nutrition minérale des végétaux par M. GRANDEAU (*Journal d'agriculture pratique*).

(2) Hartig a évalué à 4676 kilogrammes la quantité de feuilles mortes produites annuellement par un hectare de futaie. Voir sur la production des feuilles pages 62 et suivantes.

de feuilles de hêtre, après leur chute et complètement desséchées, pèse en moyenne 62 kil., et 81 kil., avec 18 pour cent d'humidité ; 2° qu'un mètre cube de feuilles d'épicéa sèches et non altérées, avec 12 pour cent d'eau, pèse en moyenne 152 kil. ; 3° qu'un mètre cube de feuilles de pin ne pèse en moyenne que 101 kil., soit un tiers de moins que celles d'épicéa.

Les feuilles mortes sont susceptibles d'absorber une grande quantité d'humidité évaluée, par le même auteur, aux chiffres suivants, pour les feuilles tombées annuellement, sur un hectare :

Forêt de hêtre	12 m. c. 90	ou une tranche d'eau pluviale de	0 m. 0129	d'épaisseur.
Forêt d'épicéa	5 m. c. 42	id.	0 0054	id.
Forêt de pin	4 m. c. 89	id.	0 0048	id.

Lorsque, par une circonstance quelconque, les débris végétaux qui couvrent le sol sont enlevés, la terre est mise à nu, et les semences disséminées naturellement se trouvent par suite découvertes et dans de mauvaises conditions de germination. En outre, tandis qu'un terrain couvert reste toujours meuble et frais, un terrain nu s'échauffe facilement, et il faut alors au moyen de travaux de culture (binage) empêcher son dessèchement. Enfin, comme l'eau de pluie pénètre moins facilement dans l'intérieur du sol privé de sa couverture, elle s'écoule en plus grande quantité à la surface, qu'elle désagrége et ravine avec plus de facilité.

Sous tous les rapports, la conservation des détritus végétaux sur les sols boisés est donc favorable à leur amélioration, et au développement de la végétation (1).

Tous les détritus qui tombent sur le sol des terrains boisés se décomposent lentement et peu à peu ; ils se transforment en humus.

D'après l'analyse des recherches de M. Ebermayer, par M. Grandeau (Nutrition minérale des végétaux) (2), « l'humus résultant de la décomposition des détritus forestiers, peut être divisé en quatre catégories, savoir : 1° l'humus fertile ; 2° l'humus poudreux ou charbonneux ; 3° l'humus acide ; 4° l'humus astringent. Ces quatre formes de la

(1) Voir page 71.
(2) Extrait du *Journal d'agriculture pratique.*

« putréfaction des feuilles et autres débris organiques dé-
« pendent, pour les trois premières, des conditions physiques
« où se trouvent placés les détritus, et pour la dernière, de
« la nature chimique des matériaux qui constituent l'humus.

« Le terreau fertile est le seul dont l'action sur la végéta-
« tion soit particulièrement favorable. Formé dans des
« conditions convenables de température, d'humidité, d'aéra-
« tion, sur des sols riches en principes minéraux utiles, on
« le rencontre dans tous les grands massifs forestiers pleins,
« et d'une bonne végétation, là où le sol, abrité convenable-
« ment du vent et contre l'action directe des rayons solaires,
« conserve assez d'humidité.

« Les massifs situés à une altitude trop élevée, ne produi-
« sent pas, en général, par suite de l'abaissement trop grand
« de la température, un humus parfait, mais seulement une
« sorte de demi-terreau résultant d'une décomposition im-
« parfaite par défaut de chaleur.

« La trop grande éclaircie des massifs ralentit la produc-
« tion de l'humus fertile, lorsque les rayons du soleil, arrivant
« jusqu'au sol, dessèchent les feuilles et les végétaux du
« tapis. »

L'humus fertile, riche en principes minéraux, exerce l'action la plus manifeste sur la fécondité des sols ; il modifie leurs propriétés physiques. Il est, comme l'ont montré les belles expériences de M. Schlœsing, l'agent par excellence de l'amélioration de la terre arable.

« L'humus poudreux, ajoute M. Grandeau, résulte de la dé-
« composition en plein air, sans couvert, et dans les lieux
« secs, des parties mortes des plantes. L'excès de chaleur
« et d'air, le manque d'humidité sont les principales condi-
« tions de la production de cette variété de terreau, que l'on
« rencontre surtout dans les terrains sablonneux, et sur les
« terrains calcaires, chauds et pierreux. Il constitue une
« poussière sèche, légère, de couleur brune ou noire, de dé-
« composition ultérieure très difficile, et peu favorable par
« suite à la végétation.

« L'humus acide se produit facilement dans les terrains
« humides ou sujets à être couverts d'eau stagnante, ou enco-
« re dans des points où l'air se renouvelle très-peu. La décom-
« position des plantes, dans ces conditions, est extrêmement
« lente et toujours incomplète. Les prés humides, les bords

« des mares et des étangs, les dépôts tourbeux, les amas de « lignite offrent de fréquents exemples de cette forme d'hu- « mus, dont la réaction est franchement acide.

« L'humus acide se forme également dans les terrains sa- « blonneux secs, lorsque les principes minéraux (potasse, « soude, chaux, magnésie) capables de saturer les acides orga- « niques des matières végétales font défaut. Le terreau pou- « dreux appartient presque toujours à la classe des terreaux « acides.

« Les matières dépourvues d'azote fournissent presque « toujours, en se décomposant, un humus acide, lorsqu'elles « ne trouvent pas à leur contact des principes alcalins capa- « bles de saturer l'acide formé. Le terreau acide est préjudi- « ciable à la végétation, et de toutes les essences forestières, « l'aune et le bouleau seuls peuvent prospérer dans les sols « acides.

« L'humus astringent est celui qui provient de la putréfac- « tion des substances riches en principes tanniques, telles « que les feuilles de chêne, d'aune, de bouleau, de bruyère, « etc. Cette variété de terreau est plus rare qu'on ne l'admet, « le tanin et ses congénères s'altérant très-rapidement à « l'air. Quand les matières tannifères sont enfouies dans le « sol, et par conséquent protégées contre l'oxydation directe, « elles résistent beaucoup plus longtemps que lorsqu'elles « sont exposées à l'air. »

L'humus absorbe énergiquement, et en augmentant de volume, une grande quantité d'eau (1), qu'il conserve, ce qui entretient ainsi la fraîcheur et l'humidité du sol, conditions essentielles d'une végétation vigoureuse ; en se desséchant, il prend un retrait sensible. En absorbant l'humidité de l'air, l'humus fixe également une quantité assez importante d'ammoniaque, ce qui augmente ainsi la fertilité du sol, au profit de la croissance des bois.

L'humus s'échauffe et se refroidit assez rapidement, ce

(1) D'après Boussingault, la force d'absorption de l'humus est huit fois supérieure à celle du sable ; de deux à six fois plus forte que celle des terres calcaires et de deux à cinq fois plus grande que celle de l'argile. D'après M. de Gasparin, le terreau des forêts, avec une densité de 1.225, retient 1.99 de son poids d'eau ; il suit de là, dit M. Cezanne (Suite à l'étude des torrents des Hautes-Alpes), qu'une couche de 10 centimètres de terreau saturée et gonflée d'humidité pourrait retenir une tranche d'eau pluviale de 0 m. 24 c. d'épaisseur.

qui peut être parfois nuisible aux jeunes plants, en les exposant à des intermittences de gels et de dégels.

D'après M. Grandeau, les matières organiques, humus, tourbes, etc., ont pour objet de se combiner d'une certaine façon avec les débris minéraux, de manière à en rendre les éléments assimilables par les végétaux. Les éléments minéraux, combinés avec l'humus qui leur sert de véhicule, étant seuls absorbés par les racines des plantes, il devient dès lors évident que les débris végétaux, dont se compose l'humus, sont indispensables au développement des forêts, puisqu'ils servent à dégager, au fur et à mesure de leur décomposition, les éléments de la nutrition des arbres.

C'est par la décomposition de l'humus que se forment, d'après MM. Déhérain et Thénard, les nitrates et les sels ammoniacaux nécessaires à la végétation des plantes, ainsi que l'acide carbonique absorbé par les racines, et employé pour l'organisation des tissus végétaux ; cet acide carbonique sert probablement aussi à dissoudre les phosphates du sol.

L'humus est donc le principe essentiel de la fertilité des terrains boisés, et on doit, autant que possible, en favoriser la formation. Comme le terreau acide est surtout nuisible aux jeunes plants, il sera bon d'empêcher sa production, en maintenant un couvert complet et serré, dans les situations où ce produit pourrait se former.

D'après M. Ebermayer, « dans les massifs d'âge moyen, « bien pleins, il se forme plus d'humus que dans les massifs « d'âge avancé et présentant des vides. Les essences d'om- « bre (hêtre, sapin, épicéa) donnent plus d'humus que les « arbres de lumière (chêne, pin, etc.) ; la futaie est plus favo- « rable que les taillis sous futaie, et ceux-ci plus que les taillis « simples, à la production de l'humus. Les régions monta- « gneuses sont plus favorables à l'accumulation de l'humus « que les régions basses.

« Les parties molles, riches en sève, de structure tendre « se décomposent plus facilement que les parties dures, sè- « ches et ligneuses ; les substances azotées se décomposent « plus vite que les matières non azotées ; les parties des vé- « gétaux renfermant de la cire ou de la résine se transfor- « ment moins vite en humus que celles qui en sont dépour- « vues, et c'est ce qui explique que les aiguilles des rési- « neux résistent plus longtemps aux altérations naturelles,

« que les autres feuilles. Les organes riches en tanin, exi-
« gent beaucoup d'oxygène pour se transformer en humus,
« et c'est ce qui explique pourquoi, dans les bas fonds humi-
« des ou recouverts par l'eau, les feuilles de chêne sont
« longues à se décomposer. Les plantes riches en potasse et
« en chaux, se décomposent plus vite que celles chargées de
« silice.

« En résumé, les débris organiques des végétaux mettent
« deux à trois ans pour se transformer en humus ; dans des
« conditions défavorables, cette durée peut être portée jus-
« qu'à cinq ans, et à huit ans dans des circonstances excep-
« tionnelles, et pour les feuilles des résineux. »

La couverture d'humus rend le sol des massifs boisés meuble, perméable et frais en s'opposant à l'évaporation. Il résulte en effet des observations de MM. Mathieu et Ebermayer, que les sols forestiers revêtus de leur couverture, saturés également d'eau et situés dans des conditions identiques évaporent en moyenne moitié moins d'eau que les sols nus.

CHAPITRE II.

De la Productivité des terrains.

Section 1. — DE LA FERTILITÉ DE LA TERRE PAR RAPPORT A LA NUTRITION ET A LA VÉGÉTATION DES ARBRES ISOLÉS OU EN MASSIFS.

La fertilité ou la puissance végétative d'un terrain dépend de plusieurs conditions diverses, parmi lesquelles il faut compter le mode de culture et d'exploitation auquel il est soumis, sa nature, sa composition, son degré de fraîcheur et surtout la quantité des matières assimilables qu'il peut fournir aux plantes. « La fertilité d'une terre n'a rien d'absolu, dit M.
« Marié-Davy (Météorologie et physique agricole) ; elle change
« de base suivant les climats, et même d'une année à l'autre,
« suivant la somme de lumière, de chaleur et d'eau qu'elle re-

« çoit. La quantité d'eau nécessaire pour produire une bonne « récolte,n'a rien non plus d'absolu,elle dépend de la somme « de matières utiles dont l'eau peut se charger. »

En ce qui concerne la couche de terre arable en général, on sait qu'elle s'améliore en recevant soit des agents atmosphériques, soit par la décomposition des détritus organiques, plus de matières assimilables que la végétation en fixe dans les organes et les tissus des plantes, ou que le terrain en perd par voie d'exportation, ou de toute autre manière.

On sait aussi que, depuis le commencement du monde, les terrains boisés et gazonnés s'améliorent et se fertilisent uniquement par suite de la décomposition des détritus végétaux de toute nature, qui tombent et s'accumulent chaque année sur le sol (1) ; on sait encore que,depuis que la terre est cultivée,toutes les générations ont vécu en fécondant leurs champs au moyen des fumiers et autres détritus végétaux, et cette expérience de près de 6000 ans peut passer pour assez concluante ; on sait enfin que les principes azotés favorisent le développement des organes foliacés, et que les phosphates font sentir leur action sur la production des fruits et des graines. Les recherches de MM. Nobbe, Schrœder et Erdmann (2) ont en outre prouvé que les grains de chlorophylle n'engendrent d'amidon autochtone que sous l'influence de la potasse, quelle que soit d'ailleurs la forme sous laquelle cette base se présente, et que par conséquent sans potasse les plantes n'assimilent pas et n'augmentent pas de poids.

Mais les explications de ces phénomènes sont très-diverses, et ce n'est que par les travaux les plus récents de la chimie agricole, qu'on est à peu près arrivé à avoir quelques notions bien précises sur les causes de la fertilité de la terre.

Les végétaux sont formés au moyen d'éléments organiques (carbone, oxygène, hydrogène et azote) et d'éléments inorganiques (phosphore, soufre, silice, fer, potasse, soude,

---

(1) D'après M. Grandeau, les forêts et les prairies subsistent sans engrais et s'améliorent par leur existence même, parce que la végétation fourragère et forestière trouve dans l'atmosphère tout l'azote nécessaire à sa production. L'atmosphère peut fournir par hectare 75 kil. d'azote ; or la forêt n'en utilise que 1 pour cent de sa production ligneuse, soit 60 kil., et la prairie 1.66 pour cent de la production fourragère, soit 74 kil. par hectare.

(2) Voir *Annales agronomiques*, année 1875.

magnésie et chaux) existant dans l'air et dans le sol; il est intéressant de rechercher les sources auxquelles les plantes empruntent chacune de ces substances, et d'examiner l'ensemble des phénomènes à la suite desquels ces matières deviennent assimilables par la végétation.

En ce qui concerne les substances inorganiques, les expériences de M. Grandeau (1) ont prouvé : 1° que les matières minérales sont les véritables aliments des végétaux; 2° que les substances organiques jouent le rôle d'intermédiaire entre le sol et les plantes, pour transformer les éléments minéraux en composés solubles et assimilables.

Il résulte en effet des observations de Liebig et du docteur Sachs (2), que toutes les substances minérales servant d'aliment aux plantes sont attaquées, corrodées et décomposées, dans l'intérieur du sol, soit par les exhalaisons d'acide carbonique, soit au contact des racines par suite de l'acidité de la sève (3), qui circule dans ces organes.

Quant aux subtances organiques, la physiologie végétale démontre que par suite d'une fonction végétale, dont le siége réside dans les parties vertes, les plantes puisent directement dans l'air l'oxygène, ainsi que l'acide carbonique d'où elles tirent le carbone nécessaire à la constitution de leurs tissus. Elles empruntent l'hydrogène dont elles ont besoin à l'eau qui circule dans leur intérieur, ou peut-être aux produits résultant de la décomposition de l'ammoniaque (4) absorbé.

La question de l'absorption et de l'assimilation de l'azote, si intéressante au point de vue de la nutrition végétale et qui a divisé pendant longtemps les physiologistes, semble avoir enfin reçu une solution définitive, par suite des dernières recherches de M. Schlœsing; on va, d'après le cours d'agriculture de l'école forestière *(Chimie et physiologie appliquée à*

---

(1) Voir *Recherches sur le rôle des matières organiques du sol dans le phénomène de la nutrition des végétaux*, par M. L. GRANDEAU. — Annales de la Société centrale d'agriculture et du comice de Nancy, 1870-1873.

(2) Voir *Physiologie végétale* du docteur Julius SACHS, traduction par MARC-MICHELI.

(3) La sève des végétaux est presque toujours acide, et l'acidité est d'autant plus marquée que les organes sont plus développés et plus âgés.

(4) La réaction par laquelle les plantes absorbent l'hydrogène provenant de la décomposition de l'ammoniaque paraît probable, mais elle n'est pas encore suffisamment démontrée.

l'agriculture et à la sylviculture), de M. Grandeau, donner le résumé des observations faites sur ce point, et les conclusions pratiques qui en découlent.

M. G. Ville (1) et avant lui un physiologiste anglais Wilson avaient pensé que l'absorption et l'assimilation de l'azote gazeux pouvaient s'effectuer par les organes radiculaires des plantes ; mais cette opinion a été contestée par MM. Boussingault, Lawes Gilbert, Pugh, et Schlœsing. Tous ces savants affirment au contraire que les végétaux n'assimilent pas l'azote gazeux de l'air, qui ne joue ainsi aucun rôle direct dans la nutrition des plantes.

D'après les travaux les plus récents, l'azote des végétaux a pour origine l'absorption et l'assimilation directe de l'ammoniaque de l'air (2) par les organes foliacés, et de l'ammoniaque et des nitrates du sol par les racines. Il faut observer que ces deux éléments azotés (ammoniaque et nitrate) absorbés par les organes aériens et souterrains sont également nécessaires à la formation de la matière organisée, et qu'ils ne peuvent pas toujours se remplacer complètement et réciproquement l'un par l'autre.

L'ammoniaque et l'acide nitrique de l'air sont produits par les actions électriques, qui se manifestent au sein de l'atmosphère (3) ; telles ont été, au début de la végétation, les seules sources médiates ou immédiates d'azote assimilable par les végétaux. Comme ces éléments de nutrition n'ont pas dû être

---

(1) Voir *Recherches expérimentales sur la végétation*, par M. G. VILLE. — 1868.

(2) D'après les analyses de M. Schlœsing, 100 mètres cubes d'air contiennent en moyenne 2 milligr. 30 d'ammoniaque ; l'air est plus riche en ammoniaque la nuit que le jour, et la moyenne nocturne égale 3/2 de la moyenne diurne. La pluie appauvrit généralement le taux de l'air en ammoniaque.

(3) Dans la zone tempérée, où les arbres à feuilles caduques sont en majorité, les orages éclatent nombreux et fréquents pendant l'été, à l'époque où les organes foliacés des végétaux ayant acquis leur développement complet peuvent ainsi absorber tout l'ammoniaque et l'acide nitrique produit durant ces perturbations atmosphériques. Pendant l'hiver, lorsque les feuilles sont tombées, les orages sont très-rares : mais, comme la quantité d'ammoniaque condensée par la pluie s'accroît à mesure que la température diminue, il s'en suit que lorsque l'absorption par les feuilles est suspendue, à la suite de la chute périodique de ces organes, le sol se fertilise par l'apport de l'ammoniaque et de l'acide nitrique de l'air, qui pénétre dans la terre avec l'eau de la pluie et arrive ainsi jusqu'aux racines des végétaux.

surabondants à cette époque, on s'explique ainsi, jusqu'à un certain point, pourquoi la production végétale a été d'abord assez faible et assez chétive, ainsi que le démontrent les végétaux fossiles des premières périodes géologiques. Mais lorsque les débris végétaux, accumulés successivement sur le sol, ont fini par constituer peu à peu une couche d'humus, la végétation a pris un essor plus rapide, parce que les plantes ont trouvé, dans l'ammoniaque provenant de la décomposition des substances organiques azotées et dans les nitrates de la terre (1), un nouveau principe d'assimilation et de développement.

Ces éléments azotés provenaient sans doute de l'ammoniaque de l'air, mais ils avaient été accumulés et fixés par la végétation, puis préparés dans le sol par la nitrification.

Le phénomène de la nitrification est, d'après les récents travaux de MM. Schlœsing et Müntz, un acte *physiologique*, dans lequel les propriétés du sol ne jouent qu'un rôle secondaire, et où la condition primordiale est la présence du ferment nitrique (2). Il importe donc de bien préciser les différentes conditions nécessaires pour que la nitrification s'accomplisse.

La nitrification ne peut s'effectuer que sous la triple influence de l'air, de l'humidité et d'une substance organique en putréfaction (3); elle se continue alors même que la propor-

---

(1) D'après les observations de M. Marié Davy, il est démontré que les effluves électriques de l'atmosphère ont non-seulement pour effet de former dans le sein de l'air des azotites d'ammoniaques et des azotates, soit par oxydation de l'azotite, soit par combinaison directe sous l'action des éclairs, mais encore qu'elles agissent d'une manière continue et par tous les temps sur le sol, pour y fixer l'azote sur les composés humiques.

(2) Le ferment nitrique, dont le chloroforme suspend l'action et qui est détruit par une température de 100 degrés, n'est pas un ferment chimique; il rentre par conséquent dans la catégorie des ferments vivants ou ferments organisés.

(3) Lorsque la matière organique est divisée dans une masse minérale poreuse, humide, où l'air se renouvelle sans peine, l'oxygène atmosphérique entre alors directement en fonction, et les phénoménes qui se produisent sont de l'ordre de ceux de la combustion simple complète. L'azote lui-même est oxydé au moment où il sort des combinaisons et converti en acide nitrique. La série des réactions n'est à aucun moment insalubre. Il n'en est pas ainsi quand l'accès de l'oxygène est nul ou insuffisant : les phénomènes de combustion lente sont remplacés alors par ceux de putréfaction et les produits qui en résultent soit éminemment insalubres..... La combustion est in-

tion d'oxygène confiné dans le sol est devenue très-faible, et que celui-ci est imbibé jusqu'à saturation. L'azote de l'air ne joue aucun rôle dans ce phénomène.

L'acide nitrique se forme graduellement dans la terre pendant la combustion lente et invisible de la matière organique, et la nitrification n'a lieu qu'aux dépens des matériaux azotés d'origine organique et des substances organiques de l'humus. La source de l'azote des nitrates formés réside donc uniquement dans les matières organiques azotées, combinées aux éléments minéraux du sol, d'où on peut en conclure que les nitrates sont en quelque sorte exclusivement produits aux dépens des composés organiques azotés primitivement formés dans les plantes.

La nitrification ne s'effectue que dans la terre végétale ; c'est là un moyen d'enrichissement du sol en azote assimilable, c'est-à-dire en ammoniaque et en acide nitrique. Néanmoins lorsque le sol est privé d'oxygène, le nitre disparaît, et ne semble pas remplacé par de l'ammoniaque. D'après M. Schlœsing, il se transforme alors en azote gazeux perdu pour la végétation ; mais ce résultat des expériences du laboratoire ne paraît pas concorder avec les phénomènes naturels.

En résumé, la terre ne fixe pas l'azote gazeux de l'air ; elle se fertilise au moyen de l'ammoniaque et de l'acide nitrique provenant des pluies, rosées et brouillards, ainsi que de la décomposition des matières azotées, auxquelles la nitrification donne les conditions nécessaires pour les rendre assimilables aux plantes. L'ammoniaque une fois fixé dans la terre arable ne s'échappe plus par volatilisation, mais reste incorporé au sol.

La nitrification n'enrichit donc la terre que lorsque celle-ci renferme déjà des matières organiques azotées et, dans ce cas,

---

complète..... elle exhale de l'hydrogène carburé et sulfuré, de l'oxyde de carbone et une partie de l'azote devient libre.

Dans une foule de cas, la combustion lente et la putréfaction sont simultanées et superposent leurs effets : quand par exemple des matières organiques sont entassées, l'air baigne et brûle l'extérieur du tas, pendant que l'intérieur est souvent envahi par la putréfaction. Souvent aussi elles sont consécutives ; ainsi un cadavre enfoui est d'abord entièrement livré à la putréfaction, puis les produits solubles diffusés dans la terre y brûlent au contact de l'oxygène. (*La question des eaux d'égoût*, par M. SCHLŒSING. Journal d'agriculture pratique).

la fertilisation est d'autant plus forte que le sol est plus riche en humus, et qu'il est plus aéré.

De cet exposé, on peut donc en conclure : 1° que les végétaux se nourrissent exclusivement de substances inorganisées (1); 2° que *tous* (2) les éléments de la nutrition et du développement des plantes existent dans le sol ou dans l'air en quantités indéfinies, et pour ainsi dire inépuisables, eu égard aux besoins ordinaires de la végétation ; 3° que la fertilité d'un sol dépend de sa faculté à rendre assimilables pour les végétaux les substances leur servant d'aliments.

Les faits naturels corroborent et confirment d'ailleurs ces conclusions.

Dans un massif boisé, les détritus végétaux de toute nature accumulés sur le sol, feuilles, bois, fruits, etc. (3) sont composés en majeure partie de matières carbonées et azotées, et sont infertiles par eux-mêmes (4); ces substances se décomposent lentement et peu à peu, en commençant par les couches inférieures, humides, en contact avec la terre et en même temps abritées, contre l'action trop directe et desséchante des agents atmosphériques, par les couches successives de feuilles mortes, qui les recouvrent annuellement. Or, cette désorganisation et cette transformation des matières végétales en humus ou terreau, par voie de fermentation putride lente, réunit ainsi toutes les conditions indiquées comme favorables à la fertilisation du sol, et pour la formation de composés azotés par voie de nitrification. En même temps, cette transformation fournit les éléments nécessaires pour rendre assi-

---

(1) Liebig, dans ses lois naturelles de l'agriculture, avait déjà établi que tous les aliments de plantes appartiennent au monde inorganique. D'après M. G. Morren, la fonction exclusive des végétaux est la transformation des composés inorganiques du sol en substances organiques.

(2) Si le sol ne s'épuise pas, la théorie de l'assolement et de l'alternance des cultures et des essences, basée sur l'absorption des principes assimilables, manque de fondement, et se trouve en opposition avec les faits naturels : la prétendue loi de restitution serait aussi réduite à néant.

(3) Outre les feuilles et les fruits, qui renferment une certaine quantité d'azote, les détritus formant la couverture des sols boisés contiennent aussi une quantité de larves ou d'insectes riches en substances azotées.

(4) On sait que les sols tourbeux, uniquement composés de détritus végétaux, sont complètement infertiles, et que la végétation ne s'y développe que lorsque leur surface est recouverte d'une certaine couche de matière minérale provenant des poussières atmosphériques.

milables aux racines des plantes les substances minérales nécessaires à leur développement (1).

Si cette démonstration était insuffisante, tous les doutes et toutes les incertitudes, à cet égard, disparaîtraient forcément devant le fait indéniable que, depuis le commencement du monde, le sol n'est devenu fertile que par suite de l'accumulation et de la décomposition des détritus végétaux ; et que dans les terrains boisés, l'augmentation de la couche d'humus ou de terreau, produite par la décomposition des feuilles mortes et autres détritus végétaux, formant la *couverture* du sol, a toujours pour conséquence une augmentation de la fertilité et de la production du terrain (2).

De tout ce qui précède, on peut donc en conclure que *la décomposition des matières végétales est l'unique agent naturel de la nutrition et du développement des plantes, et par conséquent de la fertilité de la terre.*

Il faut ajouter, comme conséquence de ce principe, que la force et la durée de cette action fertilisante dépendent de l'activité et de la durée de la fermentation putride, c'est-à-dire de la décomposition de ces matières constituant l'humus (3).

On sait que le phénomène de la fermentation putride exige le concours des trois conditions suivantes : 1° une température variant de 10 à 75 degrés de chaleur ; 2° l'intervention de l'oxygène de l'air (4); 3° un certain degré d'humidité. Il est

---

(1) D'après M. le professeur Stockhardt de Tharand, le sol dont on n'enlève pas la couverture (feuilles détritus, etc.) contient, par hectare, dans une couche de 0m17 c. de profondeur :

savoir	Matières organiques,	139,670 k.	Azote	8,354 k.
Le sol sur lequel ces produits sont enlevés ne contient que	—	60,438 k.	—	4,759 k.
Soit en moins.	Matières organiques,	79,232 k.	Azote	3,595 k.

Cette différence suffirait à expliquer l'appauvrissement graduel des forêts où les litières, feuilles et menus produits sont enlevés.

(2) Voir page 71 l'influence de la couverture sur la production ligneuse.

(3) Voir page 178 et suivantes ce qui a été dit relativement à la formation et aux propriétés de l'humus.

(4) Lorsque la fermentation et la décomposition des matières végétales ont commencé, ce phénomène se continue même à l'abri de l'oxygène de l'air, ainsi que l'ont démontré les expériences faites à l'école d'agriculture de Grignon (V. *Chimie agricole*, par M. DEHERAIN).

dès lors nécessaire de tenir compte de toutes les circonstances susceptibles d'activer ou de modifier ce phénomène, parce qu'elles influent par suite naturellement sur le degré de fertilité d'un terrain. On comprend en outre facilement l'importance du climat ou de l'exposition à cet égard, en réfléchissant qu'une chaleur graduelle et modérée active la fermentation, tandis que un froid vif ou une chaleur excessive l'arrête. Il en est de même pour l'humidité qui doit être modérée ; un excès de liquide de même que la sécheresse sont des obstacles sérieux pour la réalisation de ce mode de désorganisation.

L'influence de l'air, ou plutôt de l'oxygène de l'air est aussi très-marquée sur la marche de ce phénomène, attendu que de sa circulation plus ou moins facile dépend l'activité plus ou moins grande de la fermentation et de la décomposition des détritus végétaux. Cette remarque peut expliquér pourquoi dans les terrains serrés et compactes, tels que l'argile, dont la nature ou la composition s'opposent à la pénétration et à la circulation de l'air, la décomposition des substances organisées est faible et lente. La conséquence de cette disposition particulière est que les terrains de l'espèce exigent une grande quantité de matières fertilisantes pour devenir productifs, mais, par la même raison, la fertilité acquise s'y conserve longtemps.

Les terrains légers et perméables, tels que les sables, présentent le phénomène inverse. L'afflux de l'air, en y facilitant et activant la décomposition de toutes les matières organiques, les rend rapidement très-fertiles, lorsque les débris végétaux y sont abondamment disséminés, mais les stérilise ensuite par la même cause, dès que ces matières font défaut.

Si on examine les couches successives de feuilles mortes, que la nature accumule chaque année sur le sol des forêts, on constate facilement l'harmonie et la précision de toutes les circonstances, qui concourent à assurer la fermentation et la décomposition de ces débris. L'épaisseur de la couche, son expansion, l'époque de son accumulation, tout contribue à leur assurer une température et une humidité convenable, ainsi que le libre accès de l'air. Dès lors, tout ce qui troublera cet ordre de choses, comme par exemple l'enlèvement total ou partiel des feuilles de l'année et autres détritus végétaux, non-seulement soustraira au sol une partie de ses éléments

de fertilité, mais encore, suivant le mode et l'époque de cette opération, mettra obstacle à la décomposition des couches sous-jacentes, parce que les conditions favorables à la fermentation leur feront défaut. Le sol lui-même, privé de sa couverture végétale (1), devenant plus sec et moins perméable, présentera de moins bonnes conditions pour le développement et la végétation des arbres.

Cette théorie de la fertilité de la terre, qui explique toutes les pratiques agricoles (2), et se trouve justifiée par les résultats de la culture ordinaire des plantes herbacées, semble cependant laisser dans l'incertitude quelques faits relatifs à la sylviculture et à l'arboriculture, et sur lesquels la science n'a pas encore pu fournir une explication bien satisfaisante.

Les arbres en général, et principalement les grands végétaux enfoncent si profondément leurs racines dans le sol (3), qu'il est assez difficile de comprendre et d'expliquer le genre d'éléments nutritifs que ces organes peuvent y absorber, et en outre par suite de quelle succession de phénomènes la décomposition superficielle des détritus végétaux peut arriver à fertiliser les couches inférieures du sol.

A partir de sa surface, la terre est toujours moins riche en oxygène (4), au fur et à mesure que l'on s'enfonce plus profondément dans les couches inférieures (5); or si la décomposition des matières végétales peut se continuer à l'abri de

---

(1) D'après M. Jœger, le fumier mis en couverture pendant l'hiver rend la terre meuble et fine, tandis que le sol non couvert reste dur et compacte; le même résultat est évidemment produit par les feuilles mortes, et c'est à l'effet de cette couverture qu'il faut attribuer l'état meuble, si favorable à la germination des graines et à la pénétration des racines, dans lequel se trouvent les sols forestiers garnis de feuilles.

(2) Pour plus de détail sur ce sujet, voir : *Le fumier de ferme, son action, sa préparation et son emploi*, par Antonin Rousset, sous-inspecteur des forêts.

(3) La luzerne, plante non épuisante, enfonce aussi ses racines très-profondément dans le sol.

(4) D'après M. le baron P. Thenard, le sol, à partir de la couche superficielle, est toujours de plus en plus pauvre en oxygène, ce gaz étant absorbé par la combustion interne des matières organiques de la terre.

(5) L'absence ou la diminution de l'air paraît être une autre cause susceptible de ralentir les fonctions d'absorption ou d'assimilation des racines.

l'oxygène (1), on n'est pas encore fixé sur le point de savoir, si des matières de cette nature et profondément enterrées peuvent, dans ces conditions, se décomposer utilement au point de vue de la nutrition végétale. Même en cas de l'affirmative, il resterait à déterminer la nature et la quantité de ces matières susceptibles de se trouver ainsi accumulées naturellement dans l'intérieur du sol (2).

On pourrait, il est vrai, admettre qu'une certaine quantité d'engrais ou de substance propre à la nutrition des plantes s'infiltre dans la terre avec les eaux pluviales (3); mais cette quantité ne peut jamais être bien considérable ni descendre bien profondément, parce que la terre arable retient énergiquement toutes les substances fertilisantes (4). L'expérience démontre d'ailleurs que le maximum de fertilité de la terre réside dans la couche superficielle, et que la quantité des substances fertilisantes ou assimilables que renferme le sol diminue avec la profondeur.

La direction ou l'approfondissement des racines n'est sans doute pas un effet sans cause et sans but; mais on s'explique difficilement que ces organes puissent, pour certaines essences, s'enfoncer profondément dans le sol, uniquement pour donner au végétal une solidité que des racines latérales pouvaient lui assurer. Il faut donc admettre que les racines pivotantes trouvent à absorber, dans les couches inférieures

---

(1) Voir note 4, page 189.

(2) Le chevelu ou les poils radiculaires des racines pourraient seuls constituer, dans l'intérieur du sol, un léger dépôt susceptible de décomposition; mais la quantité de ces matières est insignifiante.

(3) MM. Lawes, Gilbert et Pugh ont bien démontré que les eaux souterraines de drainage contiennent toujours une certaine quantité d'ammoniaque et divers principes minéraux dissous, mais si on réfléchit que le 1/4 seulement de l'eau de pluie s'infiltre dans le sol et peut par conséquent entraîner en dissolution les éléments fertilisants susceptibles d'arriver jusqu'aux racines profondes, on sera convaincu de la petite quantité ou de l'insuffisance des matières fertilisantes ainsi entraînées.

(4) D'après les recherches de Way, la terre arable possède la propriété de s'emparer des substances fertilisantes en dissolution dans l'eau et de les fixer de telle sorte que la lixiviation ne puisse pas les entraîner. Ces matières, restent insolubles à l'eau dans le sol et sont absorbées peu à peu par la végétation.

et profondes de la terre, des produits quelconques peut-être spéciaux, et surtout assimilables dans ces conditions particulières.

D'un autre coté, il est incontestable que les substances ainsi absorbées ne constituent pas une condition indispensable de l'alimentation du végétal, puisque la suppression des racines pivotantes n'empêche pas les essences de l'espèce de vivre et de prospérer.

En l'état, cette question manque encore de solution précise. Il est très-probable que les racines profondes, dont le principal rôle paraît être d'assurer l'équilibre et la stabilité du végétal, s'enfoncent dans certains cas, parce que le terrain le permet, et qu'elles absorbent ce qu'elles rencontrent dans ces couches inférieures souvent peu fertiles; et d'autre part, que les racines latérales et superficielles, se développant dans la couche la plus riche en substances assimilables, sont le principal siége de l'alimentation des plantes ligneuses (1).

Cette hypothèse, jointe au fait que l'absorption ne s'effectue que par l'extrémité des radicelles, ferait comprendre l'harmonie de la forme du branchage des arbres, qui rejette l'eau des pluies, ainsi que la plus grande partie des feuilles mortes à la projection de leur plus grande circonférence, comme si la nature avait voulu prodiguer l'humidité et la fertilité sur les points où s'exerce le maximum d'activité des organes d'absorption (2).

L'ensemble de tous ces faits permet de comprendre facilement pourquoi la végétation forestière améliore et fertilise les terrains boisés au lieu de les épuiser, et le tableau ci-après, établi d'après les expériences et les recherches de MM. Ebermayer et Grandeau, démontre ce phénomène jusqu'à l'évidence, pour les trois essences différentes hêtre, épicéa et pin.

---

(1) Voir chap. III, section II. Des racines.

(2) Cette observation est importante au point de vue de l'irrigation, des fumures et des soins d'entretien à donner aux arbres fruitiers ou autres. L'expérience démontre en effet que ce n'est pas au pied même de la tige qu'il faut répandre l'eau ou distribuer les matières fertilisantes, mais à une certaine distance du pied de l'arbre, vers la projection des rameaux, là où on suppose que doivent se trouver les extrémités des radicelles.

TABLEAU des résultats de la végétation peuplé en Hêtres, Epicéas et Pins.

NATURE DES PRODUITS.	PRODUCTION LIGNEUSE moyenne et annuelle par hectare. à l'état normal. Volume m. c.	Poids kil.	à l'état anhydre — Poids kil.	POIDS de la production ligneuse repartie par nature de produits exploités. kilog.	SUBS- CONTENUES DANS LA PRO- QUANTITÉ de Cendres pures fournie par le bois et les feuilles poids en kilog.	EN KILOGRAMMES CONTE- Potasse kil.	Soude kil.	Chaux kil.
						FUTAIE DE HÊTRES.		
BOIS. . . .	5.32	3721	3163	Quartier . . 2372	15.65	2.60	0.61	7.83
				Rondin . . 475	6.36	0.97	0.13	2.92
				Fagot . . . 316	7.59	1.08	0.17	3.67
					29.60	4.65	0.91	14.42
FEUILLES .	64.50	4106	3331	» » » »	185.54	9.87	1.99	81.92
Total. . . .		7827	6494	» » » »	215.14	14.52	2.90	96.39
						FUTAIE D'ÉPICEAS.		
BOIS. . . .	8.99	4048	3435	Quartier . . 2920	14.31	2.10	0.29	6.60
				Rondin . . 172	1.36	0.31	0.02	0.52
				Fagot . . . 343	6.89	1.65	0.17	2.03
					22.56	4.06	0.48	9.15
FEUILLES .	21.70	3537	3007	» » » »	135.92	4.82	1.68	60.94
Total. . . .		7585	6442	» » » »	158.48	8.88	2.16	70.09
						FUTAIE DE PINS. —		
BOIS. . . .	6.34	3804	3233	Quartier . . 2587	11.12	1.68	0.06	6.92
				Rondin . . 323	1.42	0.24	0.04	0.82
				Fagot . . . 323	4. »	0.68	0 11	2.30
					16.54	2.60	0.21	10.04
FEUILLES .	32.60	3905	3186	» » » »	46.52	4 84	2.04	18.87
Total. . . .		7709	6419	» » » »	63.06	7.44	2.25	28.91

***annuelle moyenne d'un hectare de forêt** (futaie),*

TANCES MINÉRALES DUCTION LIGNEUSE MOYENNE ET ANNUELLE PAR HECTARE. POIDS DES DIVERSES SUBSTANCES MINÉRALES NUES DANS LES CENDRES.						POIDS de toute la substance minérale exigée par un mètre cube plein, pour chaque nature de produit.	SUBSTANCES ORGANIQUES CONTENUES DANS LA PRODUCTION LIGNEUSE MOYENNE ET ANNUELLE PAR HECTARE.				
							Poids en kil.s de toute la substance organique déduction faite des cendres	POIDS en kilogrammes des divers éléments compris dans la substance organique de la production ligneuse.			
Magnésie kil.	Oxyde de fer et de Manganèse kil.	Acide phosphorique kil.	Acide sulfurique kil.	Silice kil.	Chlore kil.			Carbone kil.	Oxygène kil.	Hydrogène kil.	Azote kil.
— AGE : 30 A 120 ANS.											
1.99	0.10	1.19	0.09	1.23	0.01	5.102					
1.03	0.10	0.74	0.04	0.43	» »	8.455	3131	1566	1315	203	47
0.83	0.05	0.94	0.09	0.75	0.01	11.840					
3.85	0.25	2.87	0.22	2.41	0.02	» »					
12.22	5.11	10.45	3.62	60.36	» »	» »	3147	1516	1390	202	39
16.07	5.36	13.32	3.84	62.77	0.02	» »	6278	3082	2705	405	86
— AGE : 30 A 120 ANS.											
1.26	3.12	0.52	0.42	» »	» »	1.629					
0.13	0.28	0.09	0.01	» »	» »	2.790	3400	1768	1360	221	51
0.64	1.27	0.84	0.29	» »	» »	10.973					
2.03	4.67	1.45	0.72	» »	» »	» »					
6.95	3.42	6.41	2.10	49.60	» »	» »	2872	1292	1373	172	35
8.98	8.09	7.86	2.82	49.60	» »	» »	6272	3060	2733	393	86
AGE : 25 A 100 ANS.											
1.16	0.08	0.70	0.15	0.37	» »	1.100					
0.04	» »	0 10	0.03	0.05	» »	1.411	3201	1664	1281	208	48
0.40	0.03	0.27	0.08	0 13	» »	4.665					
1.70	0.11	1 07	0 26	0.55	» »	» »					
4.80	4 07	3.68	1.69	6.53	» »	» »	3138	1412	1470	220	36
6.50	4.18	4.75	1.95	7.08	» »	» »	6339	3076	2751	428	84

L'examen des différentes colonnes de ce tableau fournit quelques indications intéressantes, relativement à la production des sols boisés. On voit d'abord qu'à l'état *anhydre* le résultat de la végétation d'un hectare de forêt varie peu de poids, quelle que soit l'essence composant le massif, puisque l'écart entre les futaies de hêtre, d'épicéa et de pins oscille entre 0,011 et 0,0004 pour cent. En étudiant les sources de cette production, il devient évident que la végétation arborescente emprunte à l'atmosphère la plus grande partie de ses éléments, puisque la proportion des substances enlevées au sol est, comparativement à la production totale, de 0,034 pour cent pour le hêtre, de 0,025 pour cent pour l'épicéa et de 0,009 pour cent pour le pin. Ces chiffres indiquent en outre les exigences de chaque essence (1), et prouvent en même temps combien la végétation des arbres, et principalement celle des pins, appauvrit peu la terre.

Si, prenant ensuite chaque essence en particulier, on examine en détail le phénomène de leur production ligneuse et foliacée, on constate que la quantité de matières empruntées au sol pour la seule formation ligneuse est très faible, comparée au poids total des substances minérales assimilées par la végétation. Ainsi, tandis que les feuilles de hêtre renferment 86,3 pour cent de ces substances minérales, le bois en contient seulement 13,7 pour cent; en ce qui concerne l'épicéa, la proportion est de 14,2 pour cent pour le bois et de 85,8 pour cent pour les feuilles; chez le pin elle est de 26,3 pour cent pour le bois et de 73,7 pour cent pour les aiguilles.

Quant à la constitution du corps ligneux dans les différentes parties des végétaux, les analyses chimiques ont montré que la quantité des substances minérales y suit une proportion décroissante, suivant l'âge des tissus, c'est-à-dire que la plus forte proportion se rencontre dans les organes les plus jeunes, tels que les ramilles et les pousses de l'année; qu'elle diminue successivement dans les branches, suivant leurs âges, pour arriver à son minimum dans le tronc, où se trouve le bois de plus ancienne formation. La différence existant à cet égard, entre le bois de quartier et les fagots, est de la moitié pour le hêtre, du quart pour le pin, et du sixième pour l'épicéa.

(1) Les besoins d'un peuplement de hêtre sont supérieurs à ceux d'une culture agricole quelconque; ceux d'un peuplement d'épicéa sont égaux, et ceux des pins sont inférieurs.

On peut de ce qui précède conclure que :

1° La végétation forestière emprunte à l'atmosphère la plus grande partie de ses éléments, et n'en tire qu'une faible portion du sol;

2° La production ligneuse proprement dite appauvrit très peu le terrain ; celle des organes foliacés au contraire lui enlève une grande quantité de principes minéraux.

Les considérations qui précèdent peuvent fournir des indications très utiles, soit pour tirer du sol la plus forte production possible, soit pour bien approprier l'essence et le traitement des forêts à la nature du terrain et à son degré de fertilité (1). Elles démontrent surtout jusqu'à l'évidence, qu'un sol quelconque de médiocre ou même de mauvaise qualité peut donner, par suite de son boisement, un revenu net très avantageux, eu égard à sa capacité de production naturelle (2).

Ainsi, dans un terrain médiocre et peu profond, le taillis simple sera généralement plus productif, parce que la période d'accroissement des bois correspond au développement des racines dans la couche superficielle du sol, fertilisée par les détritus végétaux. Dans ces conditions la futaie réussirait mal, parce que les arbres donneraient des signes de dépérissement lorsque leurs racines atteindraient le sous-sol impénétrable. Les terrains riches, divisés et profonds, sont très-favorables à la croissance des taillis composés et surtout des arbres de

(1) La fertilité du sol des forêts est étroitement liée au traitement qu'on fait subir aux massifs : maintenir le couvert sur toute la surface de la forêt, empêcher l'action directe des rayons solaires sur le tapis, telle est la règle qu'il faut observer, et dont l'exécution importe avant tout à la production régulière et croissante de l'humus de bonne qualité (*La nutrition minérale des végétaux*, par L. GRANDEAU).

(2) Dans la plupart des livres d'agriculture, il est question des rendements et des récoltes et, sans que jamais aucun auteur ait fixé un point de départ ou une base comparative, on y parle de *profits*, de *rendements faibles* et de *rendements forts*, suivant le mode de culture employé. Ces mots représentent assez souvent des idées incomplètes, parce qu'il faudrait commencer par indiquer d'abord la capacité productive du sol, c'est-à-dire sa fertilité naturelle ou normale; en comparant ensuite les revenus donnés par la culture avec les frais qu'elle entraîne, on connaîtrait alors le *profit réel* qu'elle peut procurer, et si par conséquent les rendements sont forts ou faibles, ou simplement en rapport avec les frais de culture.

Puisque par la production forestière, c'est-à-dire par le boisement, un terrain s'améliore naturellement, il en résulte que sa puissance productive doit s'accroître dans la même proportion; son revenu en augmentant constitue alors un *profit réel* sur ce que ce terrain aurait donné, avant son reboisement.

futaie, non-seulement parce que ces sols conservent la fraîcheur et favorisent la végétation, tout en permettant un plus grand développement des racines, mais aussi parce que ces diverses circonstances, activant la croissance des végétaux dès leur jeunesse, leur permettent de s'élancer vigoureusement, d'acquérir plus tôt de belles dimensions commerciales, et par suite une plus grande valeur vénale. En outre, à surface égale, un terrain de l'espèce fertile peut mieux nourrir un plus grand nombre de pieds d'arbres, que ne pourrait le faire un sol médiocre et peu profond.

Les recherches de M. Ebermayer ayant démontré que la plus grande production ligneuse coïncide avec le moindre appauvrissement du sol, c'est-à-dire que, proportionnellement au genre de produit, la futaie, qui fournit le plus de vieux bois, enlève au terrain la plus petite quantité de matière minérale, il semble alors plus rationnel de réserver les terrains les plus riches et les plus fertiles pour les forêts traitées en taillis, puisque ce mode d'exploitation exige de la terre un apport plus considérable de substances assimilables. Cela est surtout vrai pour les forêts exploitées en taillis sous futaie, qui sont l'intermédiaire entre le taillis simple et la futaie; ce mode d'exploitation demande en effet un bon fonds, soit pour la croissance du taillis, soit pour la production des arbres de réserve élevés en futaie. Cette condition est même d'autant plus nécessaire que ces arbres isolés, produisant naturellement des graines et en assez grande abondance, enlèvent par suite au sol une plus grande quantité d'éléments nutritifs.

A situations égales, il est incontestable que la futaie découvrant moins le sol que les taillis, conservant mieux la fraicheur de la terre sous son couvert épais, produisant plus de feuilles et de détritus, soit par elle-même, soit par les arbustes et les herbes qui forment ainsi un double étage de végétation, facilitant mieux le maintien et la décomposition de feuilles mortes que le vent ne peut ni déplacer ni enlever, fertilise et améliore davantage le terrain. Par suite de toutes ces circonstances, la fertilité, et par conséquent la production d'un massif boisé situé sur un terrain médiocre, mais divisé et profond, pourra, s'il est exploité en futaie, s'accroître davantage et fournir des produits plus importants que par tout autre mode d'exploitation.

En ce qui concerne les essences, les végétaux à feuilles

dures et persistantes, et les arbres résineux doivent être en quelque sorte réservés aux sols maigres et secs, qu'ils améliorent par leurs détritus; ces arbres, puisant dans l'air la plus grande partie de leurs éléments de nutrition, sont par suite très peu exigeants sur la nature et les qualités du terrain.

En résumé, puisque la fertilité du sol dépend de l'abondance plus ou moins grande des détritus végétaux, et de l'humus résultant de leur décomposition, il est évident que l'on doit conserver avec le plus grand soin, dans les terrains boisés, ces substances indispensables à la nutrition et à la bonne végétation des arbres, et prohiber par conséquent d'une façon absolue l'enlèvement des feuilles mortes, et de toutes les matières susceptibles de se transformer en humus (1).

---

(1) M. d'Avexy fait connaître, ainsi qu'il suit, les conséquences de l'enlèvement des litières dans les forêts :

« Il résulte d'analyses directes effectuées en Saxe que, par suite de l'enlève-
« ment des litières, le sol privé de ses éléments nutritifs s'épuise rapidement
« Cette diminution persistante de la fertilité, n'est pas sans influence sur la vie
« des arbres ; faute des éléments indispensables à l'existence, ou d'un sol conve-
« nable pour donner aux organes leur développement, la croissance de la plante
« devient difficile, bientôt tout l'ensemble s'atrophie ; les feuilles sont moins
« nombreuses et moins larges; les rameaux et les branches de moins en moins
« garnis ; dans l'ensemble du massif les arbres deviennent d'une façon frap-
« pante courts et peu élancés ; la croissance diminue d'année en année; le bois
« est de plus mauvaise qualité; le peuplement prend un aspect souffreteux; les
« branches et les rameaux sèchent; les troncs sont envahis par les mousses et
« les champignons; la fructification devient rare et peu abondante ; les arbres
« dépérissent et meurent ; le massif est interrompu ; les clairières augmentent
« chaque jour d'étendue ; sur le sol de moins en moins ombragé le vent et le
« soleil pénètrent ; le peu d'humus qui restait disparaît bientôt en entier ; la
« surface se dessèche de plus en plus, se couvre dans les parties fraîches d'herbes
« et de myrtilles, là ou le terrain est sec et siliceux de genêts, d'ajoncs, de
« bruyères. De tels bois ainsi affaiblis et dépérissants, résistent bien plus diffici-
« lement aux dégâts des insectes et aux intempéries que les massifs bien soignés,
« leur fin est prochaine. Les signes caractéristiques d'un massif qui a été ainsi
« maltraité apparaissent bien plus évidemment encore par la comparaison
« directe avec les massifs voisins, dans lesquels n'a eu lieu aucun enlèvement de
« litières.

« Pour le forestier qui a à cœur la bonne tenue et la prospérité de ses bois,
« ces peuplements en décadence ont un aspect particulièrement triste ; il sait
« qu'à la suite de ce traitement abusif, le meilleur fonds est en général tel-
« lement appauvri, que tous ses efforts pour y cultiver plus tard les essences
« feuillues seront inutiles, que bientôt il n'aura plus d'espoir que dans les
« essences résineuses les moins exigeantes, surtout le pin. De telles substitu-
« tions de résineux aux feuillus se rencontrent à chaque pas, partout où le sol
« a été ruiné par l'enlèvement des litières ; souvent même le pin qui se

Il ressort enfin de tous ces faits que la force et la vigueur de la végétation, résultant de la fertilité du sol, sont considérablement influencées par l'état et la nature du terrain (sable argile ou calcaire), par son exposition et sa situation (chaleur, froid, humidité, sécheresse, montagne, versant, etc.), et que dès lors il est extrêmement important d'étudier et de tenir compte de toutes ces circonstances, comme aussi de toutes les modifications diverses résultant du peuplement, de la nature et de la répartition des essences ainsi que du mode d'exploitation des massifs boisés. On a remarqué enfin que l'appauvrissement d'un sol était d'autant plus rapide qu'il renfermait une plus faible quantité de matières minérales assimilables; qu'il était plus sec, plus sablonneux, moins profond, exposé au sud et à peuplement incomplet. Les terrains calcaires sont aussi vite épuisés.

De toute cette étude on peut tirer un grand enseignement, c'est que si la science est parvenue à analyser et à connaître à peu près les éléments et les causes de la fertilité du sol, le fait de sa production n'en reste pas moins, dans son ensemble, un phénomène des plus complexes, des plus variés et des plus mobiles. C'est là une nouvelle et plus frappante démonstration de la solidarité de toutes les règles culturales, et la preuve que leur application raisonnée peut seule conduire à des résultats avantageux, dans tout ce qui se rapporte à la culture et à l'exploitation des végétaux ligneux.

Section II. — Culture du sol.

§ 1. — *But de la culture. — Différents genres de travaux de culture.*

A l'état naturel, la terre peut présenter une surface nue et improductive, ou bien une couche arable fertile, mais qui, en

« contente de peu y dépérit lui-même, le déboisement est alors complet. Les « suites funestes de cette jouissance immodérée ne se bornent pas à peser « sur la génération actuelle; nos descendants aussi en supporteront les fâcheu- « ses conséquences. Le repeuplement soit naturel, soit artificiel, ne peut plus « s'obtenir qu'à l'aide de dépenses considérables ; les jeunes arbres, qui ont « besoin plus encore que les vieux peuplements de trouver dans le sol une « forte nourriture, se développent difficilement et disputant avec peine leur « vie aux morts bois et aux végétations parasites, ne donnent plus en tous cas « que des massifs rabougris.....» (Extrait du *Journal d'agriculture pratique*, 1878, tome 1, page 160).

Voir page 71, note 3.

se garnissant peu à peu d'une végétation spontanée et serrée, s'oppose ainsi à tout nouveau genre de production.

L'infertilité du sol peut provenir soit de l'absence absolue d'éléments assimilables, soit de la compacité et de l'impénétrabilité du terrain. Ces deux circonstances sont également défavorables à la végétation. En empêchant l'introduction de l'air et de l'eau, elles arrêtent ou ralentissent la fermentation des détritus végétaux et la décomposition des substances minérales; en même temps, les difficultés de pénétration s'opposent au développement des organes souterrains, qui ne peuvent pas alors se mettre en contact avec les divers éléments de nutrition existant dans la terre. Enfin la densité du sol, facilitant la propagation de la chaleur dans les couches inférieures, en augmente la sécheresse et le durcissement, qui sont autant d'obstacles pour la bonne végétation des plantes.

Les nécessités de l'existence ayant obligé l'homme à chercher dans les productions végétales les éléments de sa subsistance, la culture du sol n'a pu avoir que le double but : 1° de développer la fertilité des terres nues et improductives; 2° de régulariser et d'accroître la production naturelle des terres fertiles, en favorisant le développement des plantes les plus utiles à ses besoins.

Dans son application générale, la culture du sol semble avoir plus ou moins pour objet de mélanger et d'enterrer les matières fertilisantes (terreau ou humus) naturellement formées à la surface, qui par leur excès pourraient nuire à la germination des semences, et ensuite d'ameublir le terrain pour favoriser la pénétration et le développement des racines.

Pour obtenir ces résultats, on emploie différents procédés ou travaux de culture, variables suivant les climats, les terrains et les productions végétales, et qui peuvent être rangés en deux catégories, suivant qu'ils attaquent toute l'épaisseur de la couche arable, ou qu'ils ne s'appliquent qu'à la couche superficielle du sol.

§ 2. — *Travaux de culture profonde.*

1° Labours.

On comprend sous le nom général de labours, tous les travaux de culture ayant pour objet de remuer plus ou moins

profondément la terre, de la diviser et de la retourner, afin d'y introduire ou d'y développer des éléments de fertilité.

Lorsqu'à l'aide de la bêche, ou du versoir de la charrue, on retourne complètement la croûte, ou la portion superficielle du sol gazonné ou fumé, de manière à la recouvrir d'une légère couche de terre, on reproduit artificiellement les conditions normales de la décomposition des feuilles dans les massifs boisés. Les substances végétales (feuilles, gazon, fumier), ainsi enterrées par suite du labour, se trouvent en effet mises à l'abri du contact direct de l'air par la couche de terre qui les recouvre; elles sont en outre, par la même raison, mieux exposées à l'humidité, ainsi qu'à une chaleur modérée et continue, c'est-à-dire, placées dans toutes les conditions les plus favorables à leur fermentation et à leur décomposition.

Telle est la véritable cause du résultat fertilisant des labours. Ces travaux seuls, en dehors de ces conditions, ne peuvent produire ni augmenter la fertilité du sol; il est indispensable, pour que les labours soient avantageux, que la terre renferme des matières organiques azotées dont la décomposition, par suite de l'aération résultant du labourage, puisse fournir des substances assimilables aux végétaux (1). Il est dès lors facile, d'après ces principes, de déterminer les conditions et les circonstances auxquelles ce genre de culture peut s'appliquer avec succès.

Lorsque le sol n'est pas garni d'herbes, ni couvert de détritus végétaux, les labours ne peuvent avoir d'autres résultats, que de diviser et d'aérer la terre pour la rendre fertile, en facilitant la décomposition des matières organiques qu'elle renferme déjà. Très-utiles dans les climats froids ou pluvieux, et dans les terres argileuses compactes ou humides, où cette décomposition est ralentie par le peu d'activité de la fermentation, les travaux de l'espèce doivent par contre être réduits au strict nécessaire dans les climats chauds et secs, ainsi que dans les terrains légers et perméables, tels que les sables, où les substances végétales se décomposent rapidement. Des labours

(1) La fertilité de la terre dépend de la nitrification et de la décomposition des matières organiques azotées. La nitrification, dit M. Grandeau, sera d'autant plus énergique, toutes choses égales d'ailleurs, que le sol sera plus riche en humus azoté, et les labours profonds l'augmenteront par l'aération qui en est la conséquence.

réitérés, en divisant et aérant les terres de cette nature, les épuiseraient sans profit, en surexcitant inutilement la fermentation et la décomposition des matières organiques.

Lorsque le sous-sol est humide, il y a tout avantage à effectuer les cultures de manière à créer des rigoles pour l'écoulement des eaux, ou bien à établir des petits ados, des billons ou des buttes, dans lesquelles les plantes peuvent développer leurs racines à l'abri de l'eau.

Dans tous les cas, les labours ameublissent la terre en la divisant; mais on doit avoir le soin de laisser la surface assez unie et régulièrement disposée, pour que les graines semées ou les brins plantés se trouvent dans de bonnes conditions de végétation.

2° Défoncements.

Lorsque les travaux de culture s'appliquent spécialement à la couche inférieure du terrain, c'est-à-dire au sous-sol, ils prennent le nom de défoncements. Ces travaux ont une utilité incontestable, pour faciliter le développement profond des racines, et pour entretenir la fraîcheur du sol en favorisant l'absorption d'une plus grande quantité de liquide. En divisant la couche de terre arable, et en la soumettant aux influences atmosphériques fertilisantes, sur une plus grande épaisseur, les défoncements augmentent, pour la même surface, le volume de terre fertile où les plantes peuvent se nourrir, et leur procurent ainsi une végétation plus vigoureuse, par la plus grande abondance des substances assimilables mises à leur disposition.

Lorsque le sous-sol est de bonne qualité, il y a aucun inconvénient à le mélanger avec la terre de la surface; mais dans le cas contraire, il faudrait se borner à le diviser et à le désagréger, pour le rendre seulement pénétrable aux racines profondes.

3° Ecobuage.

Lorsque le sol est fortement gazonné, ou garni d'arbustes et de broussailles, et que la destruction de cette végétation improductive nécessiterait de grands travaux de main d'œuvre et un temps considérable, la culture par l'écobuage devient alors avantageuse sous tous les rapports.

L'opération de l'écobuage, fourneaux, brulis, n'est qu'un

mode de culture rapide et économique, ayant pour résultat de détruire immédiatement, complètement et à très-peu de frais toutes les mauvaises herbes ou plantes qui garnissent le sol, ainsi que les semences et les œufs ou larves d'insectes nuisibles, disséminés dans la terre. Après la combustion des substances végétales et la calcination de la terre, on mélange et dissémine les cendres au moyen d'un léger labour, et la préparation du terrain est terminée.

L'écobuage ne fertilise nullement le sol (1); mais par l'incinération des plantes existantes et le mélange des cendres avec la terre, cette opération rend immédiatement assimilables à la végétation les substances minérales accumulées dans ces plantes, et qui auraient eu besoin d'être décomposées par la fermentation putride pour arriver à cet état. D'un autre coté, on dispose librement, après l'écobuage, de la fertilité du sol au profit d'une production spéciale (2), à la place des productions végétales naturelles antérieures et détruites par cette opération.

La végétation vigoureuse qui se développe sur un terrain écobué est uniquement due à la fécondité naturelle du sol, résultant de l'espèce de jachère vive pendant laquelle la terre, quoique produisant des herbes et des broussailles, s'est cependant fertilisée par la chute et la décomposition des matières végétales. Cette fertilité préexistante n'est augmentée ni par les cendres, ni par la calcinatlon de la terre. Si cette pratique est

(1) On a pensé, pendant longtemps, que l'écobuage fertilisait le sol, parce que la porosité de l'argile calciné paraissait faciliter la formation des nitrates. Il résulte actuellement des expériences de M. Schlœsing que la porosité du sol est sans aucune influence sur la nitrification.

(2) En admettant qu'une surface déterminée de terrain ait une valeur de fertilité naturelle représentée par 100, et que ce terrain renferme, par exemple, 1000 plantes herbacées croissant naturellement et de manière à garnir complètement le sol, chacune de ces plantes ne peut en moyenne que s'assimiler le 1/10 de la fertilité existante. Si par l'écobuage on détruit les 1000 plantes naturelles de cette superficie, et qu'on les remplace par 100 autres plantes (céréales) beaucoup plus espacées, chacune de ces nouvelles plantes disposera alors d'une quantité de fertilité égale à 1. La récolte utile, remplaçant la production naturelle et inutile des herbes et des broussailles, pourrait faire penser que l'écobuage a fertilisé le sol, puisque celui-ci donne une production plus appréciée et dix fois plus abondante; mais en réalité cette opération ne fait que rendre *immédiatement* disponible une fécondité accumulée depuis longtemps, et préexistante dans le sol pour subvenir aux besoins continus de la végétation. Aussi le sol écobué ne conserve-t-il pas cette fertilité factice; dès la seconde ou troisième récolte ce sol épuisé devient presque improductif.

encore suivie, dans certaines contrées, pour la culture des céréales, c'est que même avec une production médiocre, le peu de frais de ces travaux rend la récolte très-rémunératrice pour le cultivateur, au détriment il est vrai du sol lui-même, qui devient bien vite improductif après un écobuage.

Les terrains argileux, compactes et humides, dans lesquels la décomposition des détritus végétaux s'effectue lentement, sont les seuls où l'écobuage doive être pratiqué pour les rendre moins denses, et encore faut-il, pour que cette opération donne réellement de bons résultats, que leur superficie soit bien gazonnée (1). Dans les sols calcaires, siliceux et secs, la calcination rendrait au contraire la terre encore plus légère et plus perméable, et activerait ainsi la décomposition des matières organiques, ce qui pourrait les rendre stériles, sans aucun profit.

§ 3. — *Travaux de culture superficielle.*

Les travaux de culture superficielle ne s'effectuent, en général que sur un terrain ayant déjà été l'objet d'une culture profonde; les uns tels que l'ameublissement, le billonnage et le buttage s'exécutent avant les travaux de semis ou de plantation, tandis que le sarclage et le binage ne s'appliquent qu'à des terrains garnis de jeunes plants

1° Ameublissement.

L'ameublissement du sol, en rendant la couche superficielle fine et meuble, aide considérablement à la réussite des semis et à la bonne végétation des plants. Dans les terrains ainsi préparés, les graines peuvent être convenablement enterrées, les racines s'étendent facilement et les plantes se développent vigoureusement, à cause de la fraîcheur que la terre conserve.

L'ameublissement a aussi pour effet d'aérer le sol, de rendre plus facilement solubles les principes azotés et minéraux. Il en résulte que cette opération permet aux plantes d'absorber

(1) La calcination de l'argile, qui s'effectue en même temps que celle des mottes de gazon, des herbes et des plantes, lui donne une constitution arénacée, qui rend ensuite la terre plus divisée et plus perméable à l'air, ce qui facilite la décomposition des substances végétales. Dans les sols légers, l'écobuage augmentant leur état de division, devient ainsi plus nuisible qu'utile.

une plus grande quantité de substances assimilables, dans la même quantité de liquide, ce qui réalise ainsi une espèce d'économie d'eau au profit de la végétation.

2° Billonnage.

Dans les sols humides et sur les terrains plats, le billonnage peut être très-utile pour la réussite des semis et des plantations, en facilitant l'assèchement du sol et l'écoulement des eaux superficielles, qui pourraient empêcher la germination des semences et le développement des jeunes plants.

3° Buttage,

Le buttage, employé en horticulture pour raffermir ou provoquer la formation des racines, n'est usité en sylviculture que comme mode de plantation (1). Ce procédé est surtout avantageux, en ce sens qu'en mettant sur la couche gazonnée du sol le plant et la terre qui doit le soutenir, et en recouvrant la butte ainsi formée par une plaque de gazon retournée, de manière à ce que l'herbe se trouve par dessous, on place le jeune végétal dans d'excellentes conditions de végétation, à cause des éléments de fertilité qu'il doit trouver dans la décomposition de ces deux couches de gazon. Aussi ce mode de plantation ne présente-t-il tous ses avantages que dans les sols gazonnés, à moins de former les buttes avec du terreau préparé.

La plantation en butte ou le buttage peut rendre de grands services pour le repeuplement des terrain humides ou tourbeux, dans lesquels on ne pourrait pas creuser des trous, et où les racines ne pourraient pas se développer ou pourriraient, à cause de la présence de l'eau.

4° Sarclage.

Lorsque le sol est garni de jeunes plants, il peut être utile, suivant les cas (2), d'enlever, au moyen d'un sarclage, les

(1) Voir. *L'art de planter* par le baron de MANTEUFFEL, traduction de STUMPER et *Du buttage ou de la plantation des arbres en butte*, par M. Ch. de KIRWAN, sous-inspecteur des forêts.

(2) Dans les climats chauds, le sarclage a généralement de très-bons résultats ; mais dans les pays froids, cette opération peut, suivant les circonstances, être nuisible aux jeunes plantes, en les exposant aux gelées.

plantes et herbes adventices, dont la végétation trop vigoureuse pourrait leur être nuisible, soit en les dominant et les étouffant, soit en épuisant le sol à leur détriment. Cette opération s'effectue en arrachant à la main ces plantes inutiles, ou bien en les coupant entre deux terres, au moyen d'un instrument quelconque.

Les sarclages doivent, autant que possible, se faire au printemps, et avant que les plantes aient fleuri ou disséminé leurs graines, pour éviter leur propagation dans le sol. On doit également, dans cette opération, éviter de soulever les jeunes plants, en arrachant les herbes nuisibles, et surtout de blesser leurs racines, si on se sert d'une petite bêche.

5° Binage.

Après une pluie, il arrive souvent que la surface de la terre se sèche et durcit sous l'influence de la chaleur ; il est alors très-avantageux de briser, au moyen d'un binage, cette croûte superficielle, qui occasionne le desséchement profond du sol, et empêche la circulation de l'air. On doit, dans ce travail, éviter de faire de grosses mottes, parce que cela facilite l'accès et la pénétration de la chaleur dans le sol ; il faut au contraire bien diviser et émietter la terre, afin d'augmenter sa porosité, et par suite la couche d'air qui, interposée dans les interstices des parcelles terreuses, s'oppose à la propagation du calorique.

Le binage empêche le tassement de la terre, facilite la circulation de l'air, met obstacle à l'échauffement du sol dont il diminue en outre l'évaporation (1); cette opération constitue sous tous les rapports un travail très-utile.

On doit en général biner le sol jusqu'à une certaine distance autour de la tige de chaque plant, et sur tout l'espace où l'on suppose que peuvent s'étendre les extrémités des racines, par lesquelles s'effectue l'absorption des substances assimilables.

---

(1) Il résulte d'une expérience de M. Grandeau, communiquée à l'académie des sciences (séance du 20 août 1877), que dans un sol argileux, la terre tassée évapore par 24 heures 13 gr. 50 d'eau par décimètre carré; la même terre binée, contenant la même quantité d'eau, évapore seulement 8 gr. 50 avec le même degré de saturation de l'air égal à 76 p. 0/0, la température étant de 20 degrés.

Cette réduction de l'évaporalion augmente, par suite, l'humidité disponible pour les plantes. On voit donc ici la justification de cet adage agricole : *un binage vaut un arrosage.*

CHAPITRE III.

Du relief extérieur des terrains.

Section I. — Des plaines et des plateaux.

Les premiers dépôts, ou les premières formations géologiques se sont naturellement effectuées sur un plan horizontal. Aussi lorsque les terrains en plaine sont perméables, ils sont le plus souvent profonds et fertiles, parce que n'étant pas fouillés, ou lavés par les eaux, ils conservent tous les détritus déposés par les plantes. Sol riche, profond, perméable et par conséquent frais, telles sont les qualités ordinaires des plaines. Ces conditions sont particulièrement favorables à la croissance de toutes les essences soit en taillis, soit en futaie, sauf à choisir, suivant les cas, les espèces végétales les mieux appropriées à la nature spéciale des terrains,

Lorsque le sol des plaines et des plateaux est imperméable ou peu profond, il devient tour à tour, suivant les saisons, trop sec ou trop humide ; dans ces conditions,il ne peut convenir qu'aux essences dont les racines traçantes ou obliques ne s'enfoncent pas très-profondément.

Pour l'exploitation des forêts situées dans les plaines, et surtout sur les plateaux, on doit tenir compte de l'influence et de la direction des vents régnants relativement à l'assiette des coupes, soit au point de vue de la conservation des réserves isolées, soit pour les opérations de réensemencement du sol par voie de semis naturel.

Les arbres qui se développent le mieux dans les terrains plats sont le chêne pédonculé, le chêne tauzin, le chêne occidental, le hêtre, le charme, l'orme, le frêne, le robinier, le tilleul, le micocoulier,le tremble, le saule, le sorbier, le pin sylvestre, le pin maritime, le pin pignon, le pin d'Alep, etc.

Section II. — Versants et Pentes.

Les versants des montagnes offrent entre eux une diversité infinie, non-seulement dans leurs différents degrés d'inclinaison, mais encore au point de vue du développement des diverses natures de pentes, qui peuvent se succéder sur une

même face. Lorsque la pente est légère, le terrain peut être considéré comme horizontal ; si elle est très-forte, les terres glissent, et il ne reste plus alors que les roches nues formant escarpement.

Par suite du soulèvement des montagnes, les couches géologiques qui forment les versants occupent une position plus ou moins déclive. La conséquence directe de cette situation est d'abord la diminution de l'épaisseur de la couche arable, et ensuite un amoindrissement dans sa fertilité, parce que l'écoulement des eaux, après chaque pluie, entraîne naturellement au fond des vallées une certaine quantité de terre, ainsi que les détritus (feuilles mortes etc.) disséminés sur le sol.

Les terrains de l'espèce ne conviennent guère aux essences exigeantes et à racines pivotantes ; mais les arbres à racines traçantes y trouvent par contre une assiette très-solide, parce que leurs racines pénètrent entre les couches de terrains et dans les fissures des roches. Tous les arbres résineux qui améliorent et fertilisent le sol peuvent y prospérer.

Le mode d'exploitation des massifs boisés est, jusqu'à un certain point, subordonné à la déclivité du terrain. Sur toutes les pentes depuis les plus faibles jusqu'à celles dont l'inclinaison atteint 50 pour cent, on peut indifféremment exploiter les bois aussi bien en taillis qu'en futaie ; si le sol est de bonne qualité, le taillis y donne des produits très- avantageux, sous tous les rapports, tout en assurant la conservation du terrain. Lorsque la pente atteint ou excède 50 pour cent (27°), la terre, qui n'a presque plus de stabilité (1), ne peut alors être fixée et conservée que par la végétation ; dans ces conditions, la futaie doit être préférée au taillis, parce qu'elle améliore davantage le sol et que les coupes d'arbres ne le découvrent pas, comme les coupes périodiques de taillis. Afin de dégarnir moins le peuplement, il est même alors préférable d'exploiter en jardinant les massifs de futaie qui se trouvent situés sur les pentes rapides et escarpées (2).

(1) Sur les pentes de 66 p. 0/0 ou 33 degrés, la terre s'éboule naturellement.

(2) Quoique une pente de 35 degrés (74 p. 0/0) soit à peu près inaccessible, on trouve des massifs boisés sur des terrains ayant cette déclivité ; on voit encore, quoique rarement, des arbres sur des pentes de 45 degrès, (100 p. 0/0), mais pas au-delà, parce que le terrain prend alors le caractère d'escarpement, lorsque des roches lui donnent de la solidité.

Sur les terrains en pente, les tiges des arbres n'ont pas besoin d'être très-rapprochées pour que leurs cimes se touchent et forment un couvert complet ; cette circonstance a l'avantage de permettre aux essences à racines traçantes d'occuper tout l'espace nécessaire au développement normal de ces organes. D'un autre coté, comme l'air et la lumière circulent mieux dans ces massifs, soit à cause du plus petit nombre des tiges, soit à cause des cimes étagées, il s'en suit que les arbres y sont dans de très-bonnes conditions de végétation. Ces faits ont déjà été reconnus depuis longtemps, puisque Duhamel constate que les arbres qui ont crû sur le penchant des montagnes ont le bois dur et de bonne qualité, mais sont moins réguliers que ceux des plaines.

Ce résultat provient sans doute de ce que lorsqu'un arbre croît sur un sol déclive, les branches du côté de la pente prennent un développement plus considérable que du côté opposé. Cette croissance irrégulière peut s'expliquer par l'allongement plus normal des racines en aval qu'en amont, où elles sont obligées de prendre une direction ascendante.

La production ligneuse est en outre comparativement plus considérable sur les pentes, parce que la surface foliacée active et productive est, par suite de l'inclinaison, toujours supérieure à la projection horizontale du terrain boisé, ce qui semble avoir pour résultat forcé un accroissement proportionnel de la formation ligneuse.

La végétation des arbres sur les pentes est diversement influencée par l'humidité, et surtout par les variations de la lumière et dela chaleur, suivant l'exposition des versants ; l'inclinaison du sol, en modifiant l'incidence des rayons lumineux et calorifiques, augmente leur action, ce qui contribue à accroître l'activité de la végétation, et par suite la production végétale des arbres. On doit, dans ces conditions, tenir compte de l'orientation des massifs pour l'assiette des coupes, soit au point de vue de l'aération et de l'éclairement des massifs pour les coupes d'éclaircie et d'ensemencement, soit par rapport aux conséquences de ces faits et du plus ou moins de fraîcheur du sol relativement à la germination des semences et au développement des jeunes plants.

Il importe de tenir également compte de la fréquence, de la force et de la direction des vents, relativement à la conser-

vation des réserves isolées, et pour faciliter la dissémination des semences.

A cet égard, il est prudent de conserver les cols et les sommets des pentes à l'état de peuplement complet, autant comme abri contre les vents et les orages, que pour la production des graines, en vue de l'ensemencement des terrains inférieurs. Par suite de ces diverses considérations, il sera avantageux, pour l'assiette des coupes, d'exploiter les versants en bandes étroites et longitudinales, ou de remonter la pente de bas en haut, surtout lorsque par suite de la disposition des voies de vidange, l'enlèvement et le transport des produits ne sera pas préjudiciable aux jeunes peuplements, et de se diriger en même temps contre le vent, autant que possible.

Les principaux arbres qui conviennent aux terrains en pente sont le pin sylvestre, le pin maritime, le pin d'Alep, le sapin, le chêne-yeuse, le hêtre, le charme, l'épicéa, le robinier etc.

Section III. — Des Vallées.

Les vallées, réceptacles naturels des eaux qui y charrient et y accumulent les détritus végétaux enlevés à toutes les pentes et à tous les versants, réunissent toutes les conditions désirables, abri, fraîcheur, fertilité etc. pour la végétation des arbres. Les terrains dans cette situation présentent donc des avantages exceptionnels, dont il importe de tenir compte, soit dans les opérations culturales, soit en ce qui concerne la réussite des repeuplements naturels ou artificiels, et aussi dans toutes les questions se rattachant au développement des arbres, ou à la durée de la révolution des massifs.

Toutefois, dans certaines localités, les vallées sont exposées à des gelées printanières (1), ou à des brouillards froids, et ces situations ne peuvent alors convenir qu'à des essences dont les bourgeons bien protégés se développent tardivement.

Les arbres qui réussissent le mieux dans les vallées sont

(1) D'après M. Marié Davy, les vallées entourées de hauts plateaux sont plus fréquemment couvertes de brouillards que les vallées largement ouvertes, parce que l'air refroidi sur les lieux élevés, devenu plus dense, glisse le long des pentes jusque au fond des vallées. Les bas-fonds sont toujours plus froids, soit à cause du rayonnement, soit par suite de l'accumulation de l'air froid.

Les végétaux, dès le coucher du soleil, se refroidissent très-vite par suite de leur évaporation, et cela explique la fraîcheur des vallées boisées, vers le commencement de l'automne, et les brouillards qui s'y forment.

les frênes, les saules, les peupliers blancs, noirs, tremble et de Virginie, l'aune, l'orme, etc.

Section IV. — Situation. — altitude.

L'altitude d'un terrain, c'est-à-dire son élévation au-dessus du niveau de la mer, a une influence bien prononcée sur la végétation.

Il a été constaté que la température s'abaisse en moyenne d'un degré par 180 mètres d'altitude (1), de telle sorte que dans les régions montagneuses, chaque terrain a en quelque sorte un climat spécial, suivant sa situation plus ou moins élevée. La moindre teneur en dépôt de matières minérales dans les feuilles, observée par M. Ebermayer, à mesure que l'on s'élève au-dessus du niveau de la mer, pourrait faire penser que les fonctions (évaporation) de ces organes sont moins actives au sommet des montagnes que dans les vallées, à cause de l'abaissement de la température, ou bien parce que l'air y est plus chargé d'humidité.

Il résulte en outre des expériences faites par M. R. Weber, en 1873, au laboratoire d'Aschaffembourg (2), que les dimensions des feuilles diminuent progressivement, suivant l'altitude. L'essence choisie pour cette expérience était le hêtre, et les feuilles prélevées sur des arbres croissants dans des conditions identiques de sol et de végétation ont fourni les résultats suivants :

à 133	m. d'altitude,	1000	feuilles ont	donné une surface de	3	m. c.	414	d. q.
à 237	—	—	—		2	—	128	—
à 324	—	—	—		2	—	112	—
à 438	—	—	—		1	—	843	—
à 500	—	—	—		1	—	822	—
à 514	—	—	—		1	—	674	—
à 685	—	—	—		1	—	500	—
à 700	—	—	—		1	—	472	—
à 1043	—	—	—		1	—	083	—
à 1344	—	—	—		0	—	910	—

Cette diminution régulière dans la surface d'expansion des organes foliacés suivant l'altitude est très-remarquable, et

(1) Voir, *Des climats et de l'influence qu'exercent les sols boisés et non boisés* par Becquerel.

(2) Voir. *Journal d'agriculture pratique. — La nutrition minérale des végétaux* par M. Grandeau.

paraît de prime abord être la conséquence ou l'indication d'une végétation moins active. Cette déduction a cependant besoin d'être contrôlée et vérifiée, car il pourrait fort bien se faire que la moindre dimension des feuilles fut compensée par une augmentation du nombre de ces organes sur le même arbre. Dans ce cas, le fait constaté par M. R. Weber pourrait aussi bien être le résultat de la diminution de la température suivant l'altitude, que la conséquence encore inexpliquée de l'élévation seule des terrains au-dessus du niveau de la mer.

Le double phénomène du ralentissement de l'évaporation et de la diminution de la dimension des feuilles peut servir néanmoins à expliquer la lenteur de la végétation aux grandes altitudes. Dans tous les cas, comme l'influence de la température sur la végétation n'est pas contestable, il pourra être utile de tenir compte de ces faits, et de toutes leurs conséquences probables au point de vue de la fructification des arbres, de la germination des semences et du développement des jeunes plants.

Section V. — De l'exposition.

Les relations d'un terrain avec la végétation sont presque toujours modifiées par son exposition, c'est-à-dire par la manière dont il est soumis aux actions atmosphériques et principalement aux rayons du soleil.

Au point de vue de l'exposition, les diverses influences résultant de l'orientation aux quatre points cardinaux présentent et résument toutes les différentes manières dont un terrain peut être soumis à l'activité des rayons solaires. Mais pour une même orientation, il faut aussi tenir compte de l'angle que fait le terrain avec l'horizontale, c'est-à-dire de sa pente, parce que le relèvement plus ou moins considérable du sol diminue d'autant l'incidence des rayons solaires ; ceux-ci arrivant alors plus ou moins normalement à la couche terrestre, lui communiquent par suite plus ou moins de chaleur et de lumière directe, ce qui peut contribuer à augmenter l'activité de la végétation et la production des plantes.

L'influence de l'exposition n'a pas d'ailleurs partout les mêmes conséquences, puisque cette action dépend de la hauteur variable du soleil sur l'horizon. D'après M. Ch. Martins, cette

influence atteint son maximum vers le 45e degré de latitude, et c'est par conséquent dans les régions méridionales de la France que cet élément du climat local a le plus d'importance.

A l'exposition nord, la température est peu élevée, mais plus uniforme; la lumière y est moins vive, les vents moins violents, la fraîcheur plus forte et persistante, et les neiges abondantes. Ces diverses circonstances ont pour résultat de rendre la végétation peut-être un peu plus lente, mais régulière et vigoureuse; les massifs boisés y sont le plus souvent complets et serrés; les arbres sont en général élancés, peut-être parce que la lumière du zénith est plus vive que la lumière réfléchie, et que tous les végétaux tendent à mettre leurs feuilles sous l'influence de la lumière directe (1).

Les arbres croissant principalement en hauteur, leur tronc acquiert rarement à cette exposition grand développement en diamètre; le bois est souple et liant, mais il fournit parfois un mauvais combustible, parcequ'il se charbonne sans brûler (2), ou que le charbon ne tient pas au feu.

Lorsque l'exposition nord n'est pas trop froide et que le terrain est favorable, la végétation y est parfois très-vigoureuse à cause de la fraîcheur du sol (3).

A cette exposition, la fructification est moins abondante et la maturation des graines reste souvent incomplète. Malgré ce désavantage, l'humidité du sol est tellement favorable à la germination des graines et au développement des jeunes plants, que les repeuplements naturels y réussissent très-bien. Mais l'abondance et la fréquence des neiges et du givre imposent une grande prudence dans les éclaircies et les coupes de régénération.

L'exposition de l'est présente une chaleur et une lumière modérées et une fraîcheur moyenne; elle est plus ou moins

(1) Les végétaux à l'ombre semblent croître pour exposer leurs feuilles à la lumière et aux rayons du soleil; cela expliquerait pourquoi dans les gorges étroites et resserrées, et aux versants nords les arbres sont parfois si élancés.

(2) Les bois ayant crû sur les versants exposés au nord brûlent moins bien que ceux venus aux expositions chaudes; cette observation, qui s'applique surtout au chêne, et dans la région méridionale de la France, n'a pas encore reçu une explication complète.

(3) L'accroissement provenant de la fraîcheur du sol a été, pour un peuplement complet de hêtre, évalué par M. Heyer professeur à Geissen, au triple de la production ligneuse naturelle.

exposée aux vents violents et aux orages, suivant les latitudes et les contrées. Le plus grand inconvénient des terrains situés à cette exposition provient des gelées printanières auxquelles succèdent brusquement les premiers rayons chauds du soleil, ce qui peut être très-préjudiciable aux jeunes plants et aux bourgeons.

Cette exposition convient donc principalement aux taillis, aux essences solidement enracinées, et à celles dont les jeunes bourgeons sont bien défendus contre le froid. On doit aussi prendre certaines précautions pour l'assiette et la direction des coupes, afin de garantir les massifs et les arbres de réserve des vents violents.

A l'exposition du sud, la lumière et la chaleur ont leur maximum d'intensité. Le sol y est généralement sec ; les vents violents et les orages y sont très à redouter.

L'exposition méridionale, mieux soumise aux influences directes des rayons du soleil, présente en général une végétation active et vigoureuse ; le feuillage des arbres y est bien développé, et le bois y est ordinairement plus dense, dur, nerveux et résistant. Lorsque la sécheresse du sol n'y met pas obstacle, la chaleur de cette exposition active et prolonge la durée de la végétation, et favorise la fructification et la maturation des graines ; mais la violence des vents et des orages dévaste parfois les massifs trop clairs et renverse les arbres isolés. La chaleur solaire accroît dans les plantes la quantité de sucre et diminue l'alcool, ce qui explique pourquoi les productions végétales (fruits et herbes) venus à l'exposition sud sont plus nourrissantes que celles de l'exposition nord.

A l'ouest, la lumière est très-vive et la chaleur très-forte, ce qui a pour résultat de rendre le sol généralement sec ; l'action trop vive et normale des rayons du soleil couchant sur les jeunes plants, ou sur les tiges à écorce mince est souvent préjudiciable pour la croissance des arbres, dont les tissus sont parfois comme brûlés ou desséchés par la chaleur. Ce fait a été observé surtout sur les baliveaux hêtres, qui, après l'abatage du taillis, passent subitement de l'ombre à l'exposition complète et directe des rayons du soleil.

Dans les pays de haute montagne, à pente rapide, les versants ouest, plus longtemps saturés de l'humidité nocturne et matinale, et plongés dans les vapeurs qui ne se dissipent que tard, sont assez frais et humides, et semblent produire de

préférence les plus beaux arbres. Mais il faut observer que les orages occasionnent souvent, sur ces versants exposés aux vents violents, beaucoup de dégâts dans les massifs boisés, en arrachant ou brisant les arbres isolés.

La durée moyenne de l'insolation aux diverses expositions se répartit, dans la proportion suivante, par rapport au sud pris pour unité.

Sud	1 »»
Sud-Est	0 75
Est	0 60
Nord-Est	0 45
Nord	0 20
Nord-Ouest	0 45
Ouest	0 65
Sud-Ouest	0 85

La période la plus active du mouvement de la sève correspond, d'après les expériences de Hofmeister, entre 7 heures du matin et 2 heures de l'après-midi ; il s'en suit que l'exposition la plus favorable à la végétation est celle du sud qui comprend le mieux ces heures d'insolations, puis vient le levant et ensuite le couchant.

D'après M. Schlœsing, la région du sud-est est la plus riche en ammoniaque et par conséquent la plus favorable à la végétation ; la région nord-est est la plus pauvre.

Comme la lumière et la chaleur favorisent la fructification, les réserves peuvent être plus espacées aux versants méridionaux qu'à l'exposition nord, et la végétation des jeunes plants y étant plus vigoureuse, les coupes définitives peuvent, pour les essences de lumière, s'y pratiquer plus tôt. Toutefois les jeunes plants souffrent peut-être moins du couvert prolongé aux versants sud, qu'à ceux du nord, parce que l'intensité et la vivacité de la lumière et de la chaleur, se font facilement sentir jusqu'au sol à travers un léger couvert. Il est bon de tenir compte de ces circonstances pour le balivage des taillis, et l'assiette des coupes d'ensemencement.

Certaines essences recherchent les expositions chaudes, ce sont : le chêne liége, le chêne occidental, le bouleau, le robi-

nier, le frêne, l'olivier, le pin d'Alep, le pin maritime, le pin pignon, etc.

Les essences des expositions fraîches sont le sapin, l'épicéa, le mélèze, le hêtre, le châtaignier, l'orme, l'érable, le sorbier, etc.

Le pin sylvestre, le pin laricio, le cèdre, le chêne pédonculé, le chêne rouvre, le chêne tauzin, le chêne yeuse, le charme, le coudrier, le saule, le peuplier, l'orme, le tilleul, etc., viennent à toutes les expositions.

Section VI. — Des régions montagneuses. — Des montagnes.

Dans les montagnes, l'état boisé du sol constitue souvent le genre de culture le plus avantageux et le plus rémunérateur, d'autant que la conservation des forêts y est, en général, d'une nécessité absolue pour le maintien des terres sur les pentes et la prospérité des vallées. Le mode de jouissance des bois doit alors être subordonné à l'intérêt de la conservation des massifs, et l'exploitation par voie de jardinage s'impose, pour ainsi dire d'elle-même, dans toutes les forêts de montagnes.

Cette méthode doit surtout être adoptée, lorsque les coupes d'éclaircie et de nettoiement dans les jeunes peuplements sont impraticables, soit à cause des difficultés de vidange, soit à cause des frais d'exploitation et du peu de valeur des produits. Le jardinage permet en outre d'éviter les sérieuses difficultés qui, par suite des vents violents et des orages, s'opposent parfois à l'établissement et à la réussite des coupes d'ensemencement naturel par éclaircissage. Dans une forêt convenablement jardinée, on n'a pas à craindre en effet que les porte-graines isolés soient renversés par les ouragans ou les neiges; que les semences soient transportées par les courants d'air dans une direction unique et constante, ou enfin que les graines disséminées sur les pentes soient entraînées par les pluies d'orages, ou bien trop recouvertes par les feuilles et les terres entraînées par les eaux.

Il ne faut pas oublier en outre que par leur nature et leurs dispositions spéciales, les montagnes influent de diverses manières sur la végétation des arbres; ainsi par exemple la fraîcheur des nuits, la fréquence des gelées tardives du printemps ou précoces de l'automne, les alternatives de gel et de

dégel retardent ou font souvent périr les jeunes plants délicats. Mais d'un autre côté l'humidité du sol et de l'air, entretenue par les pluies fréquentes et les brouillards, favorisent la germination des semences, en même temps que l'éclat et la force de la radiation solaire activent la végétation, malgré l'abaissement de la température résultant de l'altitude.

Sur les crêtes, les cols et les points culminants, la fréquence et la violence des vents imposent enfin des précautions spéciales et minutieuses pour la conservation des massifs boisés.

Quoique la croissance des arbres à diverses altitudes soit influencée par la somme des degrés de chaleur nécessaires à l'accomplissement des phénomènes de la végétation, la limite supérieure des cultures de chaque essence n'a rien de bien fixe dans les montagnes, parce que loin d'être subordonnée à une seule éventualité, leur condition d'existence n'est, en réalité, déterminée que par la résultante de diverses circonstances constituant le climat local de chaque point déterminé.

Les régions montagneuses sont, en général, soumises à des influences climatériques spéciales, où tous les phénomènes atmosphériques sont plus accentués et plus dangereux par leurs excès ou leurs écarts. Ainsi l'altitude, la situation, l'exposition, la déclivité etc., des terrains en montagne doivent être l'objet d'études particulières relativement aux phénomènes de la chaleur, de la lumière, de la pluie, du vent, etc., à cause de leur action et de leur relation plus prépondérantes sur la végétation des arbres.

L'influence des montagnes, par rapport à la végétation, se fait encore sentir au point de vue de l'abri qu'elles procurent, même en dehors de toute action directe. Cette circonstance devient alors un élément constitutif du climat local, et on doit en tenir compte au point de vue géneral, comme dans toutes ses conséquences au point de vue des divers phénomènes atmosphériques, chaleur, pluie, vent, etc.

Les arbres qui réussissent le mieux dans les montagnes, plus ou moins élevées, sont : le pin sylvestre, le sapin, l'épicéa, le mélèze, le pin laricio, le hêtre, le tilleul, l'alizier, le bouleau, l'érable, le mérisier, le sorbier, etc.

CHAPITRE IV.

De l'humidité des terrains par les eaux superficielles ou souterraines.

§ I. *Fraîcheur naturelle. — Irrigation.*

L'eau, indispensable au développement des végétaux, est aussi nécessaire aux racines qu'aux organes aériens. Dans un terrain complètement privé d'humidité, les racines ne peuvent fonctionner, ni fournir le liquide destiné à faciliter la circulation des sucs végétaux et à réparer les pertes produites par l'évaporation, dont les feuilles sont le siège. Cette dernière fonction est surtout essentielle, attendu que les organes foliacés, en perdant l'eau employée à l'entretien de leurs tissus, perdent aussi, et pour ne pas la recouvrer, la faculté de réduire et de fixer l'acide carbonique, ce qui entraîne leur mort et celle de la plante.

L'action de l'eau est complexe ; elle peut agir soit comme véhicule des éléments nutritifs, soit comme dissolvant des matières animales ou minérales absorbées par les racines, ou bien comme adjuvant pour faciliter la décomposition des matières carbonées et leur assimilation par le végétal. Dans tous les cas, il est à peu près certain que les plantes, indépendamment des matières minérales ou organiques qu'elles décomposent dans le sol, absorbent aussi par leurs racines, avec les liquides nécessaires à la circulation de sucs végétaux, une certaine quantité de substances en dissolution et rendues, par cela même, plus facilement assimilables.

C'est à cette multiple action de l'eau qu'il faut évidemment attribuer la vigueur de la végétation des arbres croissant dans des terrains frais, ou situés dans le voisinage d'un cours d'eau.

Les expériences de M. E. Chevandier (1) ont déterminé l'influence de l'eau sur la végétation, et le tableau ci-dessous, qui en résume les résultats, démontre que l'eau de pluie ramenée au pied des arbres double en moyenne leur accroissement, et que, par une irrigation bien entendue, l'augmentation de la végétation peut s'accroître en moyenne de 2.45

(1) Voir *Annales forestières*, année 1844, page 490.

p. °/₀ : mais il importe d'observer que la croissance la plus vigoureuse a été constatée sur des arbres âgés de 40 à 60 ans, et qu'elle diminue ensuite lorsque les arbres sont plus vieux.

ESSENCE	AGE DES BOIS.	CROISSANCE en terrain sec prise pour terme de comparaison.	CROISSANCE AVEC IRRIGATION		INFLUENCE de l'eau stagnante
			par l'eau de pluie	à eau courante	
Sapin	40 à 60	1	2.26	3 »	» »
id.	60 à 80	1	1.96	3.20	0.84
id.	80 à 100	1	1.60	2.10	0.52
id.	Au-dessus de 100	1	1.90	1.50	0.16
Moyenne	———	1	1.93	2.45	0.50

Dans un peuplement complet de hêtre, l'accroissement attribué à la fraîcheur et à l'humidité du sol est évalué, d'après les observations de M. Heyer, professeur à Geissen, au triple de ce qu'il aurait été sans cette circonstance.

La quantité d'eau que les arbres peuvent emprunter au sol varie suivant l'hygroscopicité des terrains ; mais comme les mieux doués sous ce rapport n'abandonnent aux plantes que leur superflu, ils doivent par cela même contenir une quantité de liquide surabondante pour pouvoir néanmoins satisfaire à tous les besoins de la végétation.

L'humus, par exemple, qui ne cède plus rien à l'absorption des plantes dès que sa proportion d'humidité descend à 2 ou 3 pour cent, constitue dans ce cas un terrain aussi sec que le sable renfermant 1.50 pour cent d'eau ; on voit donc que moins un terrain est capable de retenir l'eau, plus les plantes peuvent profiter de la quantité d'humidité qu'il renferme.

La fraîcheur et l'humidité des terrains constituent ainsi un élément important de la production végétale, soit en activant les fonctions des organes des plantes, soit en facilitant leur absorption et leur assimilation par la dissolution des matières terreuses, ou par une décomposition plus rapide des substances végétales. Il est donc avantageux, sous tous les rapports, de chercher à conserver et à accroître la quantité de liquide que le sol peut livrer aux arbres. Les travaux de culture et d'ameublissement de la terre, tels que le binage, ont à cet égard une grande importance, puisque ils diminuent de 1/3 la perte de liquide par évaporation, et qu'ils empêchent ainsi le dessèchement du sol.

D'après M. Ebermayer, l'influence d'un massif forestier se

fait surtout sentir sur l'évaporation, puisque, sous l'action du vent, celle-ci est trois fois moindre sous un couvert boisé qu'en plein champ. Il est donc facile de comprendre que dans les forêts peuplées en essences de lumière, à couvert léger, et qui laissent par suite facilement gazonner et dessécher le sol, le maintien d'un sous-étage d'arbustes et d'arbrisseaux, conservant les détritus, les feuilles mortes, ainsi que la fraîcheur du sol, est très avantageux pour la croissance du massif. Le mélange des essences d'ombre et de lumière (hêtre et chêne) produit d'ailleurs le même résultat.

On sait que les dépôts de feuilles mortes et l'humus entretiennent en général la fraîcheur du sol, en le mettant à l'abri de l'action desséchante des vents ; or l'influence de ces matières est bien plus avantageuse encore pour les forêts, puisque, d'après M. Ebermayer, l'évaporation d'un terrain boisé, mais en même temps pourvu de sa couverture de feuilles mortes est sept fois moindre que dans les champs.

L'humidité du sol, en permettant aux plantes de réparer facilement les pertes de liquide provenant d'une évaporation excessive et occasionnée soit par une température élevée ou l'action directe des rayons du soleil, peut, par exception et dans certaines circonstances spéciales, donner à des essences délicates la faculté de croître sans abri dans un terrain frais, ce qui ne pourrait pas avoir lieu dans les conditions ordinaires. Inversement, la fraîcheur du sol, en activant la végétation, peut aussi permettre à des jeunes plants d'essence de lumière de mieux résister à un abri prolongé, et même leur donner une croissance assez vigoureuse, pour que leur cime finisse par atteindre et dépasser le couvert.

La fraîcheur du sol, très-favorable au développement des arbres et à la vigueur de leur végétation, devient parfois nuisible à la germination des graines ; il importe en effet de remarquer que, dans tous les terrains, les pluies d'hiver ou la fonte des neiges fournissent toujours assez d'humidité aux semences, et qu'un excès d'eau, en inondant les sols frais, peut ainsi faire pourrir toutes les graines disséminées par terre.

Les sols trop humides deviennent souvent marécageux, et dans ce cas ils s'échauffent difficilement, parce que toute la chaleur est absorbée par la vaporisation de l'eau superficielle. Comme ces terrains renferment en outre toujours beaucoup de substances organiques, dont la décomposition absorbe

l'oxygène du sol et de l'eau, il peut se faire que l'absence de ce gaz devienne une des causes qui empêchent, dans ces conditions, la germination des semences. On remédie à tous ces inconvénients en donnant, par l'ouverture de fossés d'assainissement, un écoulement aux eaux surabondantes ; ces terrains se trouvent ensuite dans de bonnes conditions pour la végétation forestière.

Les arbres qui prospèrent dans les terrains frais et humides sont : les saules, trembles, frênes, érables, aunes, mélèzes, sapins, épicéas, bouleaux, hêtres, peupliers, ormes, tilleuls, charmes, chênes, etc. Dans les montagnes, l'épicéa se propage assez bien dans les terrains mouillés.

Section II. — Eaux courantes. — Sources. — Fleuves. — Rivières. — Torrents.

Le voisinage d'un cours d'eau régulier réunit, au point de vue des végétaux, le double avantage d'entretenir la fraîcheur du sol, par infiltration dans les couches inférieures, et de régulariser l'évaporation des feuilles soit à cause de l'humidité, soit par suite des courants d'air auxquels les cours d'eau donnent généralement naissance. Ces avantages sont, il est vrai, contrebalancés par les inconvénients résultant de la fréquence des brouillards et des gelées printanières, qui peuvent contrarier le développement et la croissance de certaines essences. Il faut en outre que les cours d'eau aient un écoulement constant et un débouché assuré pour ne pas former de marécages, souvent plus nuisibles qu'utiles à la végétation.

Lorsque un cours d'eau a un régime irrégulier ou torrentiel, il peut alors affouiller ses rives, déraciner les arbres dont l'assiette n'est pas très solide, ou déborder sur les terrains avoisinants, qu'il couvre de sable, de gravier ou de limon, suivant les matières qu'il charrie. On peut remédier à ces inconvénients et arrêter les dégâts, en plantant sur les bords des ravins ou torrents des essences à tige peu élevée et flexible, et à racines traçantes ou pivotantes, tels qu'osiers, aunes, saules, parmi lesquelles seraient disséminés des arbres tels que frênes, platanes, ormes, chênes, etc., exploités en taillis. Lors des crues, les eaux débordées seront d'abord arrêtées et divisées par les jeunes tiges flexibles de ces végétaux, et cette barrière élastique brisera l'impétuosité du courant; sa force de transport diminuant dans la même proportion, il se

forme alors, dans ces terrains boisés, un dépôt considérable des matières tenues en suspensions dans l'eau, qui, en exhaussant peu à peu les rives de ce cours d'eau, les mettront ainsi à l'abri des érosions et des débordements.

On doit éviter de laisser sur les bords mêmes des cours d'eau des grands arbres de futaie, parce que leurs racines, implantées dans un sol humide, n'auraient pas assez de force pour leur permettre de toujours résister aux vents violents, soufflant parfois dans les vallées. La chute ou l'arrachis de ces arbres désagrége, dans ce cas, les berges dans lesquelles ils sont fixés, en occasionne l'éboulement et ensuite leur entraînement par les eaux.

Les saules, peupliers, osiers, platanes, etc., et principalement les aunes se plaisent et réussissent bien au bord des cours d'eau.

Section. III. — Eaux non courantes. — Etang. — Marais. Lac. — Mer.

Les eaux non courantes peuvent être distribuées de plusieurs manières à la surface du sol; disséminées en couches peu profondes et sur de grands espaces, elles donnent naissance à des étangs, ou forment des marécages. Réunies en grandes masses, elles constituent des lacs ou des mers intérieures.

Les terrains marécageux sont en général froids; ils ne réunissent aucune condition favorable au développement d'une végétation vigoureuse, parce que l'excès d'humidité préjudicie aux racines en déterminant parfois leur putréfaction, et peut contrarier les fonctions des feuilles, par suite de l'occlusion des stomates.

Les eaux stagnantes et marécageuses nuisent, d'après M. Marié-Davy, aux cultures, soit parce que en entravant l'action des organismes microscopiques du sol, dont la fonction est d'activer la nitrification des engrais qu'il contient, elles diminuent la principale source d'azote assimilable; soit parce qu'elles fournissent aux racines des plantes des sucs trop pauvres en matières utiles d'origine organique ou minérale.

Les terrains pénétrés d'eau stagnante offrent peu de stabilité aux arbres, qui peuvent par suite être facilement renversés par les vents. Après l'exploitation du bois les sols dé-

couverts se dessèchent parfois beaucoup, et il importe de tenir compte de cette circonstance particulière, lors de l'assiette des coupes de taillis ou de futaie, en ce qui concerne la désignation des arbres réservés. Ces terrains sont en outre exposés aux brouillards, au givre et aux gelées printanières, ce qui nuit souvent à la fleuraison et à la fructification de certaines essences.

Le voisinage des grands lacs, et surtout celui des mers ne produit pas le même effet que celui des marais ou des étangs. Les terrains des côtes sont soumis aux climats marins, c'est-à-dire que les hivers y sont moins froids et les gelées rares, ce qui favorise la fructification des arbres. Les étés, par suite des brouillards, n'y sont jamais brûlants (1) et secs; cette circonstance entretient également la fraîcheur du sol, et constitue des conditions très favorables au développement et à la végétation des arbres.

Les vents de mer par leur violence, ou par les grains de sable et les particules de sels qu'ils transportent, semblent brûler et désorganiser les feuilles des végétaux, dont ils arrêtent ainsi la croissance. Mais cet effet ne se fait sentir que sur les plantes les plus rapprochées du littoral et soumises à l'action immédiate et directe de ces vents; les arbres à feuilles dures, lisses et vernies résistent mieux à cette action que ceux dont les feuilles sont tendres et molles.

L'aune et le bouleau prospèrent dans les terrains marécageux, et l'épicéa vient bien autour des terrains mouillés. Au bord de la mer, on peut planter avec succès le pin d'Alep, le pin maritime et le pin pinier, ainsi que le tremble. Cet arbre, qui résiste bien à l'action des vents marins, peut être utilement employé, avec les autres essences, pour la plantation des dunes et des terrains sablonneux, auxquels ses racines traçantes et ses nombreux drageons donneraient beaucoup de fixité.

On devra tenir compte de la direction et de la violence du vent, relativement aux opérations forestières à effectuer dans les forêts situées sur les dunes et le littoral de la mer; il faut, dans ces situations, éviter d'éclaircir trop les peuplements, et chercher à maintenir autant que possible les massifs à l'état toujours serré.

---

(1) Pendant l'été, la réverbération de l'eau renvoie contre le rivage la chaleur et la lumière réfléchie, ce qui augmente par conséquent la température à laquelle les plantes sont exposées dans cette situation.

LIVRE IV.

DES PHÉNOMÈNES ATMOSPHÉRIQUES.

CHAPITRE I.

Des Climats en général.

Le climat d'un lieu est sans doute déterminé par la résultante de toutes les influences des divers phénomènes atmosphériques et des circonstances locales, susceptibles d'agir sur la végétation. Mais néammoins le soleil, source de force par la lumière et la chaleur, paraît être, par suite de son action calorifique et lumineuse, l'agent prépondérant dans la détermination du climat.

Le climat général varie de 1°, d'après M. Ch. Martins (1), en s'élevant de 180 mètres verticalement, ou en s'avançant de 220 kilomètres vers le nord ; 1 degré de latitude (100 kil.) équivaut donc, à cet égard, à 82 mètres d'altitude. Le climat local depend, d'après M. Demontzey (2), de la situation, de l'exposition, de la nature et de l'intensité des vents régnants, de l'abri formé par les montagnes, de l'humidité de l'atmosphère, de la répartition des pluies, de l'intensité de la lumière et des transitions plus ou moins brusques entre la chaleur et le froid.

La nature de la végétation exerce, d'après M. Cantoni (3), une influence marquée sur le climat. Les terrains couverts de végétaux sont moins directement frappés par les rayons du soleil, et par suite s'échauffent moins ; ils se desséchent moins aussi, parce que l'évaporation y est moins active (4).

(1) Voir *Du Spitzberg au Sahara*, par Ch. MARTINS.

(2) Voir *Etudes sur les travaux de reboisement*, par M. DEMONTZEY.

(3) Voir *Messager agricole* du 10 juillet 1879.

(4) Par suite du couvert des arbres, les sols boisés évaporent 3 fois moins d'eau en moyenne (2 fois moins en hiver et 5 fois moins en été) que les sols nus ; lorsque les sols boisés sont en même temps couverts de mousses, feuilles mortes, etc., le ralentissement de l'évaporation est doublé, et dans ces condi-

Les pluies y sont plus fréquentes, surtout si les terrains sont boisés (1), et si le sol est garanti, pendant l'hiver, contre le refroidissement (2).

Comme les phénomènes atmosphériques, ou leurs effets, varient suivant la situation générale d'une contrée, ou les conditions spéciales d'un point déterminé, on doit d'abord diviser les climats en marins ou terrestres, et pour ces derniers, établir une nouvelle classification entre les climats de plaine et ceux de montagne.

Chaque plante, chaque espèce végétale, a dit Grisebach, exige pour son existence un ensemble de conditions physiques déterminées, un milieu ou un climat propre. Cette proposition ressort des principes mêmes de l'organisation des végétaux (3) ; ceux-ci n'ayant pas, comme les animaux, une source de chaleur intérieure qui égalise les températures, chaque espèce végétale est forcément confinée dans un climat déterminé et particulier.

Pour qu'une plante se développe normalement, il faut, dit M. Déhérain, qu'elle échappe aux rigueurs de l'hiver, et que pendant la belle saison, elle reçoive une quantité déterminée de lumière et de chaleur. La durée et l'intensité du froid sont donc, comme les degrés d'intensité de la lumière et de la chaleur, un des éléments de la détermination du climat d'un végétal. Mais ces diverses actions étant modifiées par l'humidité et la sécheresse, il en résulte que la foliation et la fructification, ainsi que la période totale de la végétation des plantes sont abrégées par le froid et la sécheresse, et favorisées au contraire par la chaleur et par l'humidité.

---

tions les forêts évaporent 6 fois moins que les terres nues, et conservent par conséquent 6 fois plus d'eau pour entretenir la fraîcheur du sol et le débit des sources.

(1) Dans les trois quart des pluies, les terrains boisés reçoivent 1/10 de plus d'eau que les terres voisines cultivées ; sur les points élevés il tombe plus d'eau que sur les plaines.

(2) Les forêts exerçent sur la température une action frigorifique de 1/2 degré environ; elles diminuent les écarts de température, de chaleur et de froid, et rendent le climat moins excessif et plus constant.

(3) Une seule molécule d'albumine contient, dit-on, 900 molécules élémentaires; on conçoit dès lors que des composés aussi complexes puissent être facilement désorganisés par les moindres variations de chaleur. Or comme les tissus organisés des végétaux présentent ces mêmes éléments, il est facile de comprendre qu'ils ne puissent vivre et se développer que dans des limites très-fixes de chaleur et de froid.

Les conditions d'un climat chaud, nécessaire à l'évolution de certaines plantes, sont déterminées, plutôt par l'absence du froid pendant l'hiver que par l'élévation du degré de chaleur pendant l'été. Dans les régions méridionnales, l'action des rayons solaires est, pour les plantes, moins redoutable que la persistance de la sécheresse, et l'échauffement du sol.

Sous les climats chands, les seuls moyens pratiques pour favoriser la végétation des jeunes plants, pendant l'été, consistent dans le binage du sol, et l'enlèvement des herbes parasites qui les entourent et les dominent.

Le binage, en rendant la terre meuble et divisée, diminue l'évaporation et empêche le desséchement du sol, ainsi que la concentration de la chaleur, et sa propagation jusqu'aux racines. Le sarclage et l'enlèvement des herbes parasites permettent aux jeunes plants et au sol de se refroidir par le rayonnement nocturne, et les fait ainsi profiter de l'action bienfaisante de la rosée. Sans ces deux précautions, la terre compacte s'échauffe et se desséche profondément; les racines ne trouvent plus alors dans le sol l'humidité nécessaire à l'entretien des fonctions des organes foliacés, et ceux-ci ne tardent pas à dessécher, par suite de leur évaporation excessive, produite par la température élevée de l'air.

Dans les steppes de la Russie, où les étés sans pluies sont très chauds et les hivers très froids, toute végétation ligneuse fait défaut, parce que d'une part les essences des régions tempérées ou froides ne peuvent pas résister à la sécheresse estivale du sol, et que d'un autre côté l'abaissement de la température hivernale empêche le développement des arbres des pays chauds. Comme la végétation n'y est, en réalité, possible que pendant le temps où le sol est imprégné de l'humidité provenant de la fonte des neiges, les plantes herbacées peuvent seules, pendant cette période très courte, accomplir toutes les phases de leur végétation et de leur fructification.

D'après Pfeil, les forêts peuplées en essences à feuilles caduques exigent, en général, un climat plus doux que celles renfermant des arbres résineux à feuilles persistantes, attendu que ceux-ci redoutent peu les gelées, si ce n'est toutefois au moment de la reprise de la végétation. Mais dans les climats méridionaux, il faut que les arbres de cette catégorie puissent supporter la sécheresse, pour que leur végétation soit possible.

Les pluies y sont plus fréquentes, surtout si les terrains sont boisés (1), et si le sol est garanti, pendant l'hiver, contre le refroidissement (2).

Comme les phénomènes atmosphériques, ou leurs effets, varient suivant la situation générale d'une contrée, ou les conditions spéciales d'un point déterminé, on doit d'abord diviser les climats en marins ou terrestres, et pour ces derniers, établir une nouvelle classification entre les climats de plaine et ceux de montagne.

Chaque plante, chaque espèce végétale, a dit Grisebach, exige pour son existence un ensemble de conditions physiques déterminées, un milieu ou un climat propre. Cette proposition ressort des principes mêmes de l'organisation des végétaux (3) ; ceux-ci n'ayant pas, comme les animaux, une source de chaleur intérieure qui égalise les températures, chaque espèce végétale est forcément confinée dans un climat déterminé et particulier.

Pour qu'une plante se développe normalement, il faut, dit M. Déhérain, qu'elle échappe aux rigueurs de l'hiver, et que pendant la belle saison, elle reçoive une quantité déterminée de lumière et de chaleur. La durée et l'intensité du froid sont donc, comme les degrés d'intensité de la lumière et de la chaleur, un des éléments de la détermination du climat d'un végétal. Mais ces diverses actions étant modifiées par l'humidité et la sécheresse, il en résulte que la foliation et la fructification, ainsi que la période totale de la végétation des plantes sont abrégées par le froid et la sécheresse, et favorisées au contraire par la chaleur et par l'humidité.

---

tions les forêts évaporent 6 fois moins que les terres nues, et conservent par conséquent 6 fois plus d'eau pour entretenir la fraîcheur du sol et le débit des sources.

(1) Dans les trois quart des pluies, les terrains boisés reçoivent 1/10 de plus d'eau que les terres voisines cultivées ; sur les points élevés il tombe plus d'eau que sur les plaines.

(2) Les forêts exerçent sur la température une action frigorifique de 1/2 degré environ; elles diminuent les écarts de température, de chaleur et de froid, et rendent le climat moins excessif et plus constant.

(3) Une seule molécule d'albumine contient, dit-on, 900 molécules élémentaires; on conçoit dès lors que des composés aussi complexes puissent être facilement désorganisés par les moindres variations de chaleur. Or comme les tissus organisés des végétaux présentent ces mêmes éléments, il est facile de comprendre qu'ils ne puissent vivre et se développer que dans des limites très-fixes de chaleur et de froid.

Les conditions d'un climat chaud, nécessaire à l'évolution de certaines plantes, sont déterminées, plutôt par l'absence du froid pendant l'hiver que par l'élévation du degré de chaleur pendant l'été. Dans les régions méridionnales, l'action des rayons solaires est, pour les plantes, moins redoutable que la persistance de la sécheresse, et l'échauffement du sol.

Sous les climats chands, les seuls moyens pratiques pour favoriser la végétation des jeunes plants, pendant l'été, consistent dans le binage du sol, et l'enlèvement des herbes parasites qui les entourent et les dominent.

Le binage, en rendant la terre meuble et divisée, diminue l'évaporation et empêche le desséchement du sol, ainsi que la concentration de la chaleur, et sa propagation jusqu'aux racines. Le sarclage et l'enlèvement des herbes parasites permettent aux jeunes plants et au sol de se refroidir par le rayonnement nocturne, et les fait ainsi profiter de l'action bienfaisante de la rosée. Sans ces deux précautions, la terre compacte s'échauffe et se desséche profondément; les racines ne trouvent plus alors dans le sol l'humidité nécessaire à l'entretien des fonctions des organes foliacés, et ceux-ci ne tardent pas à dessécher, par suite de leur évaporation excessive, produite par la température élevée de l'air.

Dans les steppes de la Russie, où les étés sans pluies sont très chauds et les hivers très froids, toute végétation ligneuse fait défaut, parce que d'une part les essences des régions tempérées ou froides ne peuvent pas résister à la sécheresse estivale du sol, et que d'un autre côté l'abaissement de la température hivernale empêche le développement des arbres des pays chauds. Comme la végétation n'y est, en réalité, possible que pendant le temps où le sol est imprégné de l'humidité provenant de la fonte des neiges, les plantes herbacées peuvent seules, pendant cette période très courte, accomplir toutes les phases de leur végétation et de leur fructification.

D'après Pfeil, les forêts peuplées en essences à feuilles caduques exigent, en général, un climat plus doux que celles renfermant des arbres résineux à feuilles persistantes, attendu que ceux-ci redoutent peu les gelées, si ce n'est toutefois au moment de la reprise de la végétation. Mais dans les climats méridionaux, il faut que les arbres de cette catégorie puissent supporter la sécheresse, pour que leur végétation soit possible.

Dans les cimats froids, on peut, moins que dans les climats tempérés, traiter en taillis simple ou composé les forêts peuplées en essences à feuilles caduques, soit à cause du retard qu'éprouve la croissance des bois, soit parce que la faible végétation des rejets de souches, ou leur lignification incomplète ne leur permettrait pas toujours de résister aux froids des hivers. L'inconvénient des gelées se ferait, dans ce cas, particulièrement sentir sur les jeunes recrus des taillis, situés dans les fonds humides.

Dans les climats scandinaves (Norwége), MM. E. Tisserand et Schübeler (1) ont constaté que les hydrates de carbone se forment avec plus d'abondance dans les tissus végétaux. L'accélération observée dans la croissance des plantes de ces régions porte sur la période comprise entre la germination et la floraison ; elle ne s'applique qu'aux organes verts, et l'activité de la végétation provient de la persistance de la radiation solaire, c'est-à-dire de la durée de la lumière pendant les grands jours.

D'après Tschudi, la période de la fleuraison à la maturation des graines s'allonge, dans les Alpes, à mesure que la station est plus élevée. Enfin M. Marie-Davy a reconnu que les produits amylacés et aromatiques se formaient avec plus d'abondance dans les régions froides, mais que, par contre, la production du sucre dans les végétaux était plus abondante dans le midi que dans le nord.

En dehors de toutes les influences spéciales, le climat des plaines est plus doux et plus égal que celui des montagnes ; il est en outre influencé par la proximité ou l'éloignement des mers, et par la présence ou l'absence des eaux qui entretiennent l'humidité de l'air, et donnent parfois naissance à des brouillards nuisibles en cas de gelée.

Le climat des montagnes, souvent modifié par l'humidité provenant de la condensation des brouillards sur les sommets, mais surtout plus localisé à cause des influences diverses auxquelles ces terrains sont soumis, est généralement excessif, soit à cause de l'altitude, soit par suite de l'orientation des vallées et surtout de la direction des vents. Il importe, sous ce rapport, de tenir compte de l'influence de l'abri naturel que les cimes ou les contre-forts des montagnes se prêtent mu-

(1) Voir *La végétation dans les hautes latitudes*, par MM. E. Tisserand et Schübeler.

tuellement, et qui peut, dans bien des cas, favoriser le développement des végétaux. On sait que tout ce qui présente un obstacle à la force ou à la direction des vents remplit l'office d'abri ; or cet effet, bienfaisant lorsqu'il garantit d'un vent froid, et qui a alors pour résultat d'élever notablement la température moyenne du lieu abrité, provient de ce que l'air supérieur froid passe au-dessus de l'obstacle, sans se mélanger avec les couches inférieures de l'atmosphère en contact avec les plantes et échauffées par la réverbération et la radiation du sol. L'abri contre l'action des vents du nord et de l'est garantit par suite les jeunes plantes des gelées tardives, si nuisibles pour leur végétation, et il convient, dans certains cas, de régler l'assiette des coupes, de manière à les faire marcher de l'ouest à l'est et du sud au nord, afin de profiter de l'action protectrice des grands bois existants.

L'effet de l'abri varie d'ailleurs avec la hauteur de l'obstacle (1) et la direction du vent.

Suivant la somme des degrés de chaleur indispensable aux divers phénomènes de la végétation, les arbres peuvent se propager plus ou moins haut sur les montagnes. La limite supérieure de leur culture n'a pas en général de règles bien fixes ; elle est ordinairement déterminée par la résultante des diverses circonstances constituant le climat local, plutôt que par une condition unique.

Dans les climats terrestres, où l'air est dépouillé de vapeur d'eau et où le ciel est rarement nuageux, les transitions et les écarts considérables de températures sont brusques, et souvent très sensibles pour les végétaux.

Dans les climats marins, qui ne se rencontrent que sur les côtes et à proximité des mers, l'air y est généralement humide et brumeux; les températures basses sont peu variables, et les changements se font toujours sans écarts brusques ni subits. Comme la fréquence et la direction des vents présentent, dans ces climats, un certain caractère de régularité, il sera bon d'en tenir compte pour l'assiette des coupes, au point de vue de la stabilité des arbres réservés et de la dissémination des graines.

Voici comment peuvent se répartir les essences principales, d'après les climats :

(1) En Provence, la longueur d'une zone d'abri contre le mistral est de 10 fois environ la hauteur de l'obstacle.

Climat froid. — Alisier, bouleau, mélèze, épicéa, sapin, pin cembro, etc.

Climat septentrional.— Hêtre, aune, tilleul, pin sylvestre, sapin, épicéa, bouleau, chêne pédonculé, saule, érable, charme, orme, peuplier noir, frêne, etc.

Climat tempéré. — Cèdre, robinier, châtaignier, charme, érable, sapin, pin sylvestre, pin laricio, hêtre, chêne rouvre, aune, saule, peuplier, sorbier, alisier, tilleul, frêne, orme, tremble, pin maritime, etc.

Climat méridional. — Cèdre, micocoulier, pin d'Alep, pin pignon, chêne liége, chêne yeuse, chêne tauzin, chêne occidental, châtaignier, sorbier, robinier, peuplier, caroubier, etc.

Climat quelconque. — Coudrier, tremble, orme des montagnes etc.

CHAPITRE II

De la Lumière.

La vie n'existe qu'à la lumière, a dit Lavoisier, et cette proposition est surtout vraie en ce qui concerne le règne végétal; quoique l'action de la lumière du soleil puisse être quelquefois masquée ou modifiée par le calorique qui l'accompagne (1), elle n'en est pas moins l'agent principal des phénomènes les plus importants de la végétation des plantes. C'est sous l'influence seule de la lumière que se décompose l'acide carbonique, s'élabore la fécule, et surtout se constitue et se forme la chlorophylle; or cette substance spéciale est l'organe, on pourrait même dire le siége principal de la vitalité des plantes, puisque c'est par elle que s'exercent les fonctions importantes de la nutrition et de l'assimilation.

Il est en effet constaté que la chlorophylle ne peut accomplir ses fonctions que sous l'influence de la lumière, et que

(1) Le radiomètre de M. Crooker met en évidence la force de la chaleur plus tôt que celle de la lumière, puisque l'instrument se meut à l'ombre sous l'influence de la chaleur seule, et que la lumière sans chaleur de la lune le laisse immobile.

celle-ci n'exerce son action sur les végétaux que par l'intermédiaire de cette substance. Il résulte des recherches de M. Sachs que les grains d'amidon produits par la chlorophylle, pendant son exposition à la lumière, se dissolvent pendant l'obscurité, et disparaissent en se résorbant dans les tissus.

D'autre part, l'expérience démontre que les plantes végétant dans l'obscurité, non-seulement n'augmentent pas, mais encore ne se développent qu'aux dépens des substances renfermées dans les graines, ou dans les organes déjà formés sous l'influence de la lumière.

En dehors de la nutrition et de l'assimilation, la lumière joue également un rôle important dans le phénomène de la transpiration ou évaporation, dont l'intensité, s'accroissant avec le jour et diminuant la nuit, se manifeste aussi avec plus de force à la face supérieure et plus éclairée des feuilles qu'à la face inférieure, moins bien partagée sous ce rapport. L'action lumineuse détermine en outre l'ouverture des stomates, ce qui active et facilite toutes les fonctions dont les organes foliacés sont le siége. On voit donc combien la puissance de la transpiration, et par suite celle de l'absorption, sont subordonnées au degré d'intensité de la lumière.

C'est aussi la lumière qui est la cause des mouvements particuliers qu'exécutent certaines feuilles, de la croissance des plantes, ainsi que de l'allongement et de la direction (1) des tiges et des branches. Cependant, en ce qui concerne ce dernier point, on ne sait pas encore d'une manière bien certaine, si l'allongement des arbres végétant à l'ombre est le résultat d'une influence spéciale et mal déterminée, qui pousse leur cime à se rapprocher de la lumière pour s'étaler au soleil, ou bien si la direction verticale provient seulement d'une espèce d'héliotropisme des tissus mous, qui les fait se porter du côté où l'éclairement est le plus vif.

La force de la végétation paraît être diversement influencée par la qualité, la coloration, l'intensité et la durée de l'action lumineuse.

Les plantes sont constamment plus ou moins éclairées.

---

(1) L'influence de la lumière détermine souvent, par suite de l'inégalité dans la vigueur de la végétation, des déviations et des courbures dans les tiges et les branches des arbres croissant aux bords des chemins, et sur la bordure et la limite des massifs boisés. C'est peut être de cette action que dépend la formation des courbes si recherchées pour la marine.

Elles reçoivent pendant le jour la lumière directe du soleil, et pendant la nuit, cette même lumière réfléchie par la lune. Ces rayons lumineux sont toujours, même la nuit, accompagnés de rayons chimiques, puisque on a pu obtenir des photographies, et d'une certaine quantité de calorique, ainsi que l'ont constaté les expériences de M. Marié-Davy (1). La lumière émise ou plutôt réfléchie par la lune est sans doute bien faible, et la quantité de calorique qui l'accompagne, égale seulement aux douze millionnièmes d'un degré centigrade, paraît bien petite pour avoir une influence marquée sur la végétation; néanmoins, et malgré l'absence de preuves bien certaines à cet égard, l'existence indiscutable de l'émission d'une certaine quantité de rayons lumineux et calorifiques peut être de nature à ne pas faire repousser, *à priori,* toute action de la part de notre satellite sur les plantes.

M. Carbonnier a constaté d'ailleurs qu'à la pleine lune, la végétation confervoïde et cryptogamique est beaucoup plus active que dans les autres périodes lunaires (2).

Les recherches de MM. Paul Bert et Déhérain ont prouvé que tous les rayons du spectre solaire n'avaient pas la même action sur les plantes. Il résulte des expériences faites, que la lumière blanche seule, renfermant tous les rayons du spectre, satisfait pleinement à toutes les conditions exigées par les végétaux pour acquérir tout leur développement, et c'est dans cette lumière que la formation de la chlorophylle est la plus active. Les rayons jaunes, et les rayons bleus surtout, paraissent assez favorables à la végétation.

D'après M. Pfeffer, c'est dans le jaune clair du spectre que l'assimilation du carbone est la plus active; elle décroît ensuite en allant au rouge et au violet, où ce phénomène cesse. Dans les rayons rouges les plantes sont languissantes.

M. Pleasanton considère la couleur violette comme très favorable à la végétation; M. Baudrimont est d'un avis contraire; enfin d'après MM. Déhérain et Cailletet, les rayons rouges seraient plus favorables que les rayons bleus ou violets au développement des plantes. Les divergences de ces opinions

(1) Il n'y a pas de lumière sans chaleur, d'après M. Jamin.

(2) Voir livre V, chapitre II, section 2, § 3, une expérience, relatée par M. de Parville, au sujet de la réussite des semis par suite de l'influence lunaire. Ces faits tendraient à confirmer l'opinion encore répandue, malgré les expériences de Duhamel, que la lune peut exercer une certaine influence sur les bois.

proviennent de ce que toutes les plantes ne sont pas influencées de la même manière par les rayons lumineux, ainsi que cela résulte des expériences de M. Marchand, qui a constaté que la chicorée s'allonge surtout dans les rayons bleus et violets, et le colza dans les rayons rouges.

Les rayons verts sont presque aussi préjudiables à tous les végétaux que l'obscurité elle-même. Il a été en effet constaté que sous l'influence de la lumière verte, les plantes diminuaient de volume, en émettant, comme dans l'obscurité, de l'acide carbonique, parce que leur respiration s'effectuait alors aux dépens de leur substance, et que l'assimilation et la formation de la chlorophylle étaient arrêtées.

D'après les observations de MM. Bell et Mercadie, les rayons lumineux expulsés par les corps donnent à ceux-ci la nuance sous laquelle ils sont visibles ; les feuilles paraissent donc vertes, parceque cette couleur n'est pas absorbée. Or comme la couleur verte n'est pas absorbée par les organes foliacés, parcequ'elle n'est pas utile pour les phénomènes de réduction et d'assimilation, dont les feuilles sont le siège, il est ainsi facile de s'expliquer pourquoi la lumière verte directe, réfléchie, diffuse ou filtrée à travers les feuilles n'exerce aucune action sur les tissus des plantes. On comprend alors pourquoi la végétation est languissante, et fait même souvent défaut sous les grands arbres, dont le feuillage intercepte ou tamise les rayons du soleil.

Les plantes acolylédones (fougères, mousses, champignons, etc) résistent seules à l'influence de la lumière verte, et cette exception explique leur végétation à l'ombre épaisse des forêts.

On n'a pas encore pu déterminer exactement la quantité de lumière reçue ou absorbée par les plantes, ni distinguer, à cet égard, l'action spéciale d'une quantité de lumière quelconque ; il n'est cependant pas douteux que l'activité de la végétation est, jusqu'à un certain point, en relation directe avec l'intensité de l'action lumineuse. Il résulte en effet des expériences de M. Hellriegel, que des récoltes d'orge semé en plein air, ou dans une serre exposée en pleine lumière, ou à la lumière diffuse ont donné les proportions de 3.50 pour la première, 2 pour la deuxième et 1 pour la dernière.

On comprend dès lors que tout ce qui contribue à rendre l'action lumineuse plus vive, ou plus sensible, doit influer

favorablement sur la végétation ; telle est par exemple l'effet de l'inclinaison des terrains en pente, qui a pour conséquence de diminuer l'angle d'incidence des rayons lumineux. Par contre, les brouillards et les nuages, en tamisant ou interceptant la lumière, doivent ralentir, dans la même proportion, l'activité de la végétation.

L'action chimique de la lumière arrive, d'après les travaux de MM. Bunsen et Roscoé, à son maximum d'intensité pendant les saisons du printemps et de l'été, c'est-à-dire durant la période des plus longs jours, qui est en même temps celle où son influence peut s'exercer, par conséquent, pendant un temps plus considérable. Comme la lumière du soleil agit aussi bien que la chaleur suivant les expositions, il s'en suit que les terrains favorisés au point de vue de la chaleur solaire, le sont également au point de vue de l'influence lumineuse (1).

La durée moyenne de l'insolation varie suivant l'exposition des terrains ; en prenant le sud pour unité, elle est représentée, pour les autres points cardinaux, par les chiffres suivants : sud-est 0,75 ; est 0,60 ; nord-est 0,45 ; nord 0,20 ; nord-ouest 0,45 ; ouest 0,65 ; sud-ouest 0,85.

L'action de la lumière, comme quantité, intensité et durée, a autant d'influence que la chaleur sur le développement des plantes ; aussi, d'après Kerner (2), le pin réclame, au moment de sa végétation et sous l'influence d'une somme de température de 373°, une durée minima d'influence lumineuse de 14 heures par jour pour son accroissement, et le pin pinier a besoin, avec une somme de température de 522°,50, d'être exposé 16 heures par jour à la lumière.

La lumière vive et directe du soleil peut seule permettre aux végétaux de s'assimiler les éléments nécessaires à la production des fleurs et des fruits ; elle facilite la migration des substances destinées à passer des feuilles dans les fruits, ainsi que la maturation des graines. Aussi, suivant Sendtner, dans les serres qui reçoivent la lumière latéralement, il ne fleurit qu'un 1/10 des plantes, tandis que dans les serres éclairées par le haut et par côté 1/3 des végétaux arrive à floraison. D'après M. Grandeau, le nombre des plantes qui fleurissent

(1) Voir Exposition, page 213.
(2) Voir *Cours d'agriculture* de M. GRANDEAU.

est trois fois plus considérable dans les lieux exposés au soleil qu'à l'ombre.

La vivacité des rayons du soleil augmente la saveur et le goût des productions végétales, ainsi que le coloris et le parfum des fleurs. MM. Tisserand et Schübeler ont constaté que les principes aromatiques des plantes croissent avec les hautes latitudes, et sont plus forts sur les montagnes, où la limpidité de l'air favorise mieux la transmission des rayons lumineux et calorifiques, que dans les plaines, où l'air est toujours plus ou moins brumeux.

On comprend donc pourquoi, à égalité d'autres circonstances, telles que humidité, terrain, etc etc, les végétaux exposés à la lumière vive et directe du soleil fructifient plus abondamment et mûrissent mieux leurs fruits, et quels sont par suite tous les avantages d'une bonne exposition, au point de vue de l'assiette des coupes, et de l'ensemencement naturel du sol.

Inversement, lorsque la lumière perd son activité ou sa vivacité, elle favorise alors davantage le développement des organes foliacés ; cette circonstance explique ainsi l'exubérance du feuillage et des houppiers des arbres situés à l'ombre ou croissant dans un climat brumeux, et qui fructifient peu et rarement.

La fixation de l'acide carbonique, c'est-à-dire l'acte principal de la végétation, est en raison directe de l'intensité de la lumière, et diminue avec elle ; la décomposition de ce gaz est plus énergique à la face supérieure et mieux éclairée des feuilles, qu'à leur face inférieure ordinairement dans l'ombre. Les montagnes et les versants à l'exposition du sud présentent, sous le rapport de la végétation, des conditions très avantageuses, soit parce que l'air, plus pur que dans la plaine, arrête moins les rayons du soleil, soit parce que ceux-ci frappent plus normalement les pentes. Dans ces conditions favorables pour leur developpement, les jeunes plants d'essence de lumière supportent donc mieux un léger abri que dans les plaines, et les coupes d'ensemencement peuvent par conséquent y être plus serrées.

D'un autre côté, comme la lumière pénètre d'autant mieux dans les tissus végétaux que ceux-ci sont plus gorgés de liquide, l'humidité des terrains est en quelques sorte une condition indispensable pour permettre à la lumière d'exercer

toute son action. On s'explique donc ainsi parfaitement comment la lumière et la chaleur solaire, jointe à la fraîcheur du sol, réalisent le maximum d'effet utile pour la végétation.

L'absence de la lumière arrête sans doute la végétation, en ce sens qu'à l'ombre les végétaux émettent de l'acide carbonique, au lieu de l'absorber et de le décomposer, (1) mais cependant la mise en œuvre de certains matériaux absorbés ou élaborés par les plantes s'effectue aussi bien dans l'obscurité qu'à la lumière. Ainsi la lignification des tissus, l'allongement des mérithalles et la maturation des semences se continue parfaitement en l'absence de la lumière ; c'est pour cela que les tiges des arbres n'ont pas besoin d'être directement exposées à cette influence, non plus que les graines cachées dans leurs enveloppes, ou les fruits mûrissant à l'ombre des feuilles. Il semble même que l'obscurité, ou l'alternance du jour et de la nuit sont nécessaires au développement des plantes, en ce sens que si les grains d'amidon ne se forment dans la chlorophylle que sous l'influence de la lumière, leur résorption dans les cellules pour la formation des nouveaux tissus, n'a lieu que lorsque les végétaux sont plongés dans l'obscurité.

Puisque la lumière est le principal agent de la végétation, les coupes d'arbres, les nettoiements et les éclaircies des massifs, qui ont pour objet de favoriser le développement et la croissance des bois, doivent être basés sur ces principes, et calculés d'après la vivacité et l'intensité de la lumière. Après ces observations, il n'est pas difficile d'expliquer pourquoi les arbres isolés, et baignés de lumière, sont plus vigoureux, croissent plus vite et fructifient davantage que ceux en massif.

Les effets du couvert et de l'ombre, par rapport aux plantes, sont donc de ralentir ou d'empêcher la végétation en diminuant l'intensité de la lumière, ou en transformant la lumière blanche en lumière verte tamisée par les feuilles, et ayant par suite perdu toute son action. Les brouillards, les nuages sont des abris ou écrans naturels qui, en interceptant une portion des rayons lumineux et calorifiques, peuvent parfois favoriser la croissance en plein air des essences d'ombre. Inversement,

(1) Cependant les feuilles absorbent pendant la nuit l'acide carbonique dissout dans la rosée.

l'absence de nébulosités de l'air, sa sécheresse et une exposition favorable, en augmentant l'intensité et l'activité de la lumière, peuvent permettre aux essences de lumière de se développer malgré un léger couvert.

De tout ce qui précède, il en résulte que les hautes montagnes, les versants et les plaines sont diversement influencés par l'activité lumineuse et calorifique des rayons solaires ; il convient donc de varier, pour chaque forêt, et suivants les conditions où elles se trouvent, le mode de traitement adopté pour leur exploitation, pour l'assiette des coupes d'ensemencement et d'éclaircie, et pour la distribution ou l'espacement des arbres réservés.

La manière dont un massif est éclairé, suivant les heures de la journée, peut quelques fois contribuer à donner une appréciation erronée du peuplement : ainsi un bois situé en plaine paraît souvent plus clair lorsqu'il est frappé verticalement par les rayons du soleil, que lorsque la lumière vient obliquement. A l'exposition de l'est, l'effet produit par le mode d'éclairement change du matin à midi, et à l'ouest de midi au soir, suivant la hauteur du soleil; sur les versants, aux autres expositions, l'aspect du massif se modifie au contraire d'après la position du soleil et la marche de l'observateur. Si on regarde en face la portion de la tige non éclairée, le massif prend une teinte sombre et le peuplement paraît par suite serré, complet et élancé : un jour gris ou brumeux produit le même effet. Si au contraire le temps est clair, et si on aperçoit la portion du tronc frappée par la vive lumière, le peuplement semble alors moins serré et les arbres moins hauts.

Ces observations peuvent avoir une certaine importance pour l'assiette des coupes sur le terrain, surtout dans les forêts exploitées en futaie.

CHAPITRE III.

De la Température.

Section I. — Relations générales entre la température et la végétation.

Les rayons lumineux du soleil étant toujours accompagnés de calorique, on avait d'abord attribué à la chaleur une influence prépondérante sur la végétation. Mais les rayons lumineux et calorifiques ayant pu être en partie étudiés séparément, il a été alors permis de distinguer ces deux forces, et de déterminer approximativement l'action spéciale de la température sur les végétaux.

Comme les mots de *chaleur* et de *froid* ne sont, en réalité, que la désignation graduelle des différents états de la température, c'est-à-dire des quantités variables du calorique, on va, pour faciliter cette étude, indiquer d'abord les relations générales de la végétation avec la température. On examinera ensuite séparément les effets spéciaux des différents degrés du calorique, suivant qu'il est au-dessus ou au-dessous du point de congélation de l'eau. Dans le premier cas la température sera considérée comme chaleur, et dans le second cas comme froid.

Les radiations solaires fournissent, dit M. Marié-Davy (1), la somme de force vive que les végétaux doivent emmagasiner dans leurs tissus, et la température règle le mode d'emploi de cette force vive par chaque plante qui la reçoit. Le calorique, ou l'activité des rayons du soleil varie suivant une foule de circonstances (saisons, exposition, longitude, latitude, altitude, etc). Or il est important, au point de vue des règles culturales, de connaître la quantité moyenne de calorique reçue par chaque localité, parce que c'est d'après les indications relatives à la température moyenne d'un lieu, qu'on appréciera la somme des degrés de chaleur ou de froid qu'y éprouvent les plantes, et cette détermination est nécessaire pour l'option des espèces végétales qu'on peut y cultiver avec succès.

(1) Voir *Météorologie et physique agricole*, par M. Marié-Davy.

L'altitude est une des causes les plus importantes des variations thermométriques, puisque la température s'abaisse de 1 degré par 180 mètres de hauteur verticale, ce qui correspond à une décroissance de 0°55 par 100 mètres, et de 0°45 par chaque degré de latitude (1). Sur le sommet des montagnes, à certaines altitudes, et pendant une certaine période, cet abaissement de température paraît largement compensé par l'augmentation de l'intensité de la radiation solaire, résultant de la transparence de l'air qui, privé d'humidité, n'oppose aucun obstacle à la transmission des rayons lumineux et calorifiques. Ainsi en Suisse, à des altitudes de 1650 mètres, on a observé, pendant les mois de novembre et de décembre, des températures au soleil de 30 et même de 40 degrés de chaleur, pendant que la terre était couverte de neige ; il est vrai que, pendant la nuit, la température tombe alors brusquement à zéro.

Les limites de l'action utile des températures, par rapport aux divers végétaux, embrassent un écart très considérable, puisque d'une part on trouve dans les eaux thermales de Dax une plante (*tremella reticulata*), qui se développe à une chaleur de + 49°, tandis que le mélèze résiste en Sibérie à un froid de — 40° (2). Il importe cependant d'observer, que l'action de la température sur les plantes se manifeste moins par les écarts extrêmes, que par la température moyenne, et surtout par la durée de la période pendant laquelle la végétation est possible. C'est pour cette raison que les arbres à feuilles persistantes supportent un climat rigoureux ; leurs feuilles, toujours prêtes à fonctionner aux premières chaleurs, peuvent ainsi mieux utiliser, pour accomplir leurs fonctions, la courte période où la température rend leur végétation possible.

Mais en règle générale, quoique la somme de chaleur nécessaire à chaque plante n'ait pas encore pu être très exactement calculée, à cause de la difficulté d'apprécier isolément l'effet spécial de l'éclairement sur la marche de la végétation, on peut cependant dire, qu'à un degré plus ou moins élevé de température correspond un développement plus ou moins grand des végétaux.

---

(1) Pour la variation de la température 1 degré de latitude (100 kilomètres) équivaut à 82m d'altitude.

(2) Voir *Cour d'agriculture* de M. GRANDEAU.

D'un autre côté chaque plante, dit M. Marié-Davy (1), sommeille au-dessous d'un certain degré thermométrique, quelle que soit la somme de lumière qui lui est fournie. Pour qu'elle utilise les rayons du jour, il faut qu'elle soit arrivée au-dessus d'un certain degré thermomètrique minimum, et elle les utilise alors d'autant mieux que, toutes choses égales d'ailleurs, elle est plus rapprochée du degré de température le mieux approprié à sa nature.

L'activité de la température sur les plantes se résume donc ainsi qu'il suit : 1° Dans la limite de son action active et bienfaisante, la chaleur agit sur les plantes proportionnellement à son intensité et à sa durée, et chaque plante a besoin, pour sa culture, d'un certain nombre de degrés de chaleur. 2° Dans chaque espèce végétale, chacune des fonctions physiologiques, et par conséquent leur ensemble, ne commencent à entrer en activité qu'à une certaine température, au-dessous de laquelle la végétation est suspendue.

C'est ce que M. Ch. Martins a exprimé en disant que « chaque plante est un thermomètre ayant un zéro particulier ». Le double principe indiqué ci-dessus explique ainsi pourquoi la ligne de même climat, pour la végétation, ne correspond pas aux lignes d'égales températures.

Alph. de Candolle a aussi énoncé, ainsi qu'il suit, la loi qui règle les limites des espèces végétales, par rapport à la température : « Chaque espèce végétale, ayant sa limite po-
« laire dans l'Europe centrale, ou septentrionale, s'avance, dit-
« il, aussi loin qu'elle trouve une certaine somme fixe de cha-
« leur, calculée entre le jour où commence et le jour où finit
« une certaine température. »

Ces règles, communes à la foliation, à la fleuraison et à la fructification, peuvent cependant être modifiées par l'humidité, ainsi que par la sécheresse excessive qui, comme le froid pendant l'hiver, arrête la végétation. Elles sont aussi influencées par l'exposition, et surtout par l'altitude des montagnes.

Les forêts exercent une action modératrice sur la température, en diminuant ses écarts et ses brusques variations. La présence d'un massif boisé abaisse la température moyenne du sol de 2 pour cent, et celle de l'air de 1/2 degré envi-

(1) Voir *Météorologie et physique agricole*, par M. Marié-Davy.

ron, pendant l'été (1). En hiver, d'après les expériences des stations bavaroises, la température de l'air s'est montrée moins froide en terrain boisé que sur un sol nu ; parfois il n'y a pas de différence, mais en général les écarts de température sont moindres dans les bois que dans les champs.

L'excès de chaleur est plus nuisible aux plantes que l'excès de froid. Dans ce dernier cas, la végétation, simplement suspendue, peut ensuite reprendre son cours, avec la cessation progressive du refroidissement, tandis que une température de 50 à 52 degrés de chaleur fait complétement périr les végétaux, en desséchant leurs feuilles (2).

Il en est de même lorsque la terre s'échauffe jusqu'à 45 ou 46 degrés, parce que les racines, complètement désorganisées et desséchées par cette température, périssent alors forcément.

Les températures nécessaires à la végétation des plantes, à leur fleuraison et à la maturation des graines ou des fruits varient pour chaque essence. On les calcule en multipliant le nombre de jours pendant lequels se sont effectués ces phénomènes, par la température moyenne de ces journées ; mais quelques végétaux ont en outre besoin qu'à une certaine époque, la température ne descende pas au-dessous d'un degré minimum, au-delà duquel certaines fonctions ne s'accomplissent plus.

Voici quelles sont, d'après MM. de Gasparin (3) et Quetelet (4), pour quelques arbres fruitiers, forestiers et d'ornement, les époques moyennes de la foliation, de la fleuraison et de la fructification.

---

(1) Voir *Cours d'agriculture*, par M. GRANDEAU.

(2) Le protoplasma s'arrête et perd son activité à une température de + 40 degrés et à zérò.

(3) Voir *Traité d'agriculture*, par M. de GASPARIN.

(4) Voir *Des climats et de l'influence qu'exercent les sols boisés et non boisés* par BECQUEREL.

NOMS des ESSENCES.	DATES MOYENNES calculées de 1839 et 1841 à 1850.			
	feuillaison	fleuraison	fructificatio[n]	effeuillaison
Abricotier	»	»	18 août	»
Aubépine commune	23 mars	4 mai	»	31 octobre
Baguenaudier	7 avril	22 mai	7 juillet	»
Bouleau	9 avril	8 avril	»	4 nov.
Catalpa	1 mai	»	»	»
Cerisier bigarreautier	6 mai	»	11 juin	29 octobre
Cerisier du Nord	»	»	13 juillet	»
Cerisier du Portugal	»	»	23 juin	»
Cerisier tardif	6 avril	16 avril	»	29 octob.
Charme	8 avril	»	»	»
Chêne rouvre	25 avril	»	»	30 octob.
Clématite de haies	25 mars	29 juin	»	»
Cornouiller mâle	9 avril	4 mars	»	»
Cornouiller sanguin	2 avril	»	»	»
Cytise faux ébénier	4 avril	3 mai	»	30 octob.
Daphné bois gentil	13 mars	15 mars	»	»
Epine-vinette	22 mars	4 mai	»	25 octob.
Erable sycomore	20 avril	28 avril	»	30 octob.
Frêne	26 avril	»	»	6 novem.
Fusain commun	1 avril	18 mai	»	»
Groseillier cassis	17 avril	14 avril	15 juin	24 octob.
Groseillier épineux	8 mars	3 mai	25 juin	1 nov.
Lilas	22 mars	2 mai	»	1 octob.
Magnolia	19 mars	16 avril	»	»
Marronnier	6 mars	3 mai	»	25 octob.
Mûrier blanc	2 mai	22 mai	»	9 nov.
Noisetier	24 mars	11 février	»	30 octob.
Noyer commun	28 mars	»	»	24 octob.
Orme champêtre	14 mars	18 mars	»	29 octob.
Pêcher	28 mars	20 mars	22 août	5 nov.
Peuplier pyramidal	14 avril	22 mars	»	2 nov.
Poirier commun	30 mars	13 avril	26 août	3 nov.
Pommier commun	30 mars	25 avril	»	3 nov.
Prunier cultivé	2 avril	16 avril	»	28 octob.
Robinier faux acacia	23 avril	30 mai	»	3 nov.
Saule pleureur	21 mars	»	»	14 nov.
Sorbier des oiseleurs	7 avril	2 mai	»	25 octob.
Sureau noir	17 avril	26 mai	»	1 nov.
Tilleul	7 avril	9 juin	»	26 octob.
Vigne à fruit blanc	25 avril	23 juin	17 sept.	7 nov.

Ces indications, provenant d'observations faites en Belgique de 1839 à 1851, peuvent s'appliquer à d'autres localités, sous

la réserve suivante: Bruxelles étant située à 50° 51' de latitude nord et à 60 mètres d'altitude, il faut, abstraction faite des influences spéciales résultant des circonstances locales telles qu'exposition, sol, etc., compter quatre jours d'avance ou de retard par degré, suivant que le lieu que l'on considère se trouve au sud ou au nord de Bruxelles ; on comptera également un jour de retard ou d'avance par 25 mètres d'altitude au-dessus ou au-dessous de cette station.

Section II. — De la Chaleur. — Sécheresse.

Indépendamment de la lumière, la chaleur est indispensable aux plantes pour leur végétation, le jeu de leurs organes et principalement pour la décomposition de l'acide carbonique. D'après les observations de M. Déhérain, la respiration des plantes et l'émission de l'acide carbonique, déterminées surtout par l'élévation de la température, sont proportionnelles à son intensité.

La quantité de calorique nécessaire aux végétaux est très variable, non-seulement pour chaque essence, mais encore pour chaque évolution et chaque fonction (1), parce que l'assimilation des substances s'effectue à une température différente et inférieure à celle indispensable pour leur élaboration. Ainsi le mélèze ne commence à décomposer l'acide carbonique qu'entre 0°50 et 2°50 ; le pin pignon ne colore ses feuilles en vert qu'à 7° (2), et en général la formation des grains de chlorophylle exige plus de chaleur que la constitution ultérieure des cellules, au moyen de cette matière.

De ce que l'élaboration des substances exige une température plus élevée que celle de l'assimilation, on pourrait en conclure que les végétaux à sucs propres ont, en général, besoin de beaucoup de calorique pour leur végétation, et l'accomplissement de toutes leurs fonctions.

Puisque, d'après les expériences de M. Déhérain, l'énergie

(1) Chaque fonction a son degré de chaleur propre, et le zéro du thermomètre peut ne pas être celui de certains végétaux qui germent même à cette température (V. page 94, note 3), quoique certaines de leurs fonctions exigent plus de chaleur.

(2) Voir *Les maladies des plantes cultivées*, par MM. d'Arbois de Jubainville et Vesque.

de la respiration s'accroît avec la chaleur, il est certain que, dans la limite des températures les plus favorables à chaque plante, l'activité de la végétation augmente au fur et à mesure du développement du sujet, et suivant l'élévation de la température. C'est pour cette raison que dans les climats chauds, et aux expositions méridionales, la végétation est plus active et plus vigoureuse que dans les pays froids, et aux expositions septentrionales, où la croissance des végétaux devient plus lente, mais plus régulière. Il faut observer néanmoins que, dans certaines situations, l'accélération de la végétation par suite de la chaleur peut être dangereuse pour quelques plantes, en les rendant victimes des gelées printanières, parfois si nuisibles.

M. Marié-Davy a remarqué en outre que la production du sucre dans les végétaux est plus abondante dans les régions chaudes que dans le nord ; cela explique ainsi pourquoi les productions végétales des expositions sud sont plus nourrissantes.

L'activité de la végétation, sur les versants méridionaux, ne peut se maintenir que lorsque le sol renferme une certaine quantité d'humidité ; en dehors de cette condition, la sécheresse produite par la chaleur fait tomber les feuilles des arbres, et devient ainsi un obstacle pour leur croissance (1).

L'action desséchante de la chaleur se fait naturellement moins sentir dans les terrains humides, d'abord à cause de la présence de l'eau, et ensuite parce que la vaporisation du liquide abaisse la température de la terre. La couche de feuilles mortes, qui maintient la fraîcheur du sol, est un des meilleurs préservatifs contre la sécheresse, attendu que, d'après M. Ebermayer, l'influence d'un massif forestier est plus faible sur la température du sol et de l'air, que contre l'évaporation de l'humidité de la terre, qu'il importe surtout de conserver. L'échauffement modéré du sol, favorable à l'absorption des racines (2), dépend donc de l'état de la surface du terrain, de sa compo-

(1) L'évaporation dont les feuilles des pins sont le siége, lorsque les chaleurs du printemps arrivent subitement, et avant que le sol sec ou gelé puisse fournir aux racines le liquide nécessaire pour compenser la perte produite par la transpiration, a occasionné souvent la chute des aiguilles, et par suite la mort des arbres.

(2) D'après Sachs, l'absorption des racines de certaines plantes cesse de fonctionner lorsque la température descend au-dessous de 5 degrés, ou du moins devient alors insuffisante.

sition, de sa couverture, de son humidité, et de la manière dont il est soumis aux influences solaires.

D'après les recherches de M. Arloing (1), une température de 20 à 30 degrés paraît la plus convenable pour la croissance des végétaux, qui se ralentit sensiblement lorsque la chaleur arrive à 40 degrés; cela explique le ralentissement du développement des arbres pendant l'été, et la reprise de la végétation au mois d'août, après les grandes chaleurs.

D'après le Dr Sachs la température de 51 degrés de chaleur est mortelle pour la plupart des végétaux.

La végétation, d'après M. Gaetano Cantoni (2), se produit quand le terrain compris par les racines de la plante est à une température inférieure à celle de l'air; quand le sol est plus chaud que l'air, elle est suspendue et cesse tout à fait lorsque cette circonstance persiste. La végétation semble s'activer, quand la température du terrain est de + 5 degrés au minimum et celle de l'air de + 7°. Lorsque le sol est gelé, une température même plus élevée de l'air ne détermine aucun mouvement végétatif; si le sol n'est pas gelé, un réveil de la végétation peut se produire, même en hiver, dès que la température de l'air surpasse celle qu'on vient de dire. Toutes choses égales, la végétation herbacée demande, entre le sol et l'air, une différence égale ou supérieure à 3 degrés de chaleur; pour qu'il se forme du bois, il faut que cette différence se réduise à 2 degrés et que la température du sol soit au moins à + 2° 50.

L'effet de la chaleur solaire, dit encore le même auteur, est proportionné au temps que le soleil reste sur l'horizon, et à l'intensité de la radiation calorifique et lumineuse de ses rayons. Les différentes couches d'air ont en outre des températures très-variables, attendu que près du sol l'air s'échauffe davantage pendant la nuit. Plus on descend dans la terre et moins les variations thermométriques nocturnes ou diurnes sont sensibles; à 0m 50 de profondeur elles sont presque nulles. (3)

---

(1) Voir page 153, note 3.

(2) Voir *Nuovi principii di fisiologia vegetale*, par M. GAETANO CANTONI et *Annales agronomiques*.

(3) Les expériences de M. Mohr, exécutées dans le puits de mine de Speremberg, dont la profondeur est de 4000 pieds, prouvent que la température ne suit pas une marche progressive, suivant la profondeur à travers les couches

D'après les expériences de M. Hofmeister, la période la plus active du mouvement de la sève correspond entre 7 heures du matin et 2 heures du soir : il s'en suit que la chaleur de l'exposition méridionale est la plus favorable à la végétation, vient ensuite l'exposition de l'est, et enfin celle de l'ouest. Cette dernière exposition est quelques fois même préjudiciable aux jeunes arbres à écorce verte et mince, qui se trouvent subitement isolés dans les coupes, parce que les rayons brûlants du soleil couchant, en frappant normalement et directement contre les tiges, dessèchent les tissus corticaux, et occasionnent ainsi aux hêtres, charmes, etc., des plaies plus ou moins dangereuses.

Au point de vue du corps ligneux des arbres, on a remarqué que la dureté du bois varie avec les conditions de la végétation, et qu'elle est plus forte aux expositions méridionales, à cause de l'abondance des organes foliacés et de la vigueur de la végétation. D'après Duhamel du Monceau, les bois des pays chauds et secs sont plus durs, plus compactes et moins sujets à la pourriture que ceux des pays froids ; mais ils se travaillent plus difficilement, et se fendent davantage.

Le tronc des arbres *un peu gros* est plus froid pendant le jour et plus chaud pendant la nuit que l'air ambiant ; les rameaux de petite dimension suivent la température de l'air.

En ce qui concerne l'écorce, on a reconnu que la proportion de tanin renfermée dans ses tissus s'accroît suivant la température, et diminue avec elle. Les écorces à tan ne peuvent être enlevées que dans les situations où la température moyenne est de 8 à 10 degrés au moins ; en dessous, on ne pourrait écorcer avec profit que les arbres situés aux expositions méridionales.

D'après M. Duchartre, la sécheresse (1) exerce une influence déterminante sur la production des fleurs, tandis que l'humidité provoque la végétation des feuilles (2). La chaleur

---

terrestres. A 3300 pieds elle n'est que de 36° 75 R. en croissant de moins en moins, de telle sorte qu'à 5,000 pieds l'accroissement serait nul ; à 13,500 pieds la température constante serait atteinte.

(1) La sécheresse rend certaines plantes velues et fait développer des piquants.

(2) On a remarqué que la sécheresse et la chaleur favorisent la production des semences, l'humidité produit l'effet contraire. De là est venu le dicton agricole : *année de foin, année de rien.*

et la lumière favorisent la fleuraison et la fructification de tous les végétaux en général, mais suivant une remarque de Knight, rapportée par Liedley, la chaleur favorise surtout la production de fleurs mâles dans les plantes dioïques.

Il semblerait rationnel, d'après ces observations, d'espacer davantage les réserves dans les coupes situées aux expositions chaudes et de les couper plus tôt, puisque l'ensemencement du sol peut s'y produire plus rapidement et plus sûrement que dans les expositions froides.

Les expériences de M. Tyndall (1) ont prouvé que les parfums, en enlevant à l'air sa transparence, lui font absorber de la chaleur; cela explique d'une part l'élévation de la température des atmosphères parfumées, et peut, en dehors du concours des insectes pour la dissémination du pollen et la fécondation des fleurs, faire comprendre l'utilité des odeurs et du parfum des végétaux, en vue d'augmenter ainsi la chaleur de l'air au moment de la fleuraison et de la production des graines (2). L'odeur de la résine exsudée par les pins rend probablement l'air athermane, et c'est sans doute à cette circonstance que l'on doit attribuer la sensation de chaleur que l'on éprouve, pendant l'été, sous le couvert d'une forêt peuplée d'arbres résineux; cet effet est surtout bien sensible pendant la journée, lorsque le soleil est sur l'horizon.

Comme chaque espèce végétale exige une température spéciale pour sa fleuraison et sa fructification, il en résulte que, dans un massif boisé et mélangé d'essences diverses, les arbres ne fleurissent jamais en même temps, et fructifient rarement tous la même année. Cette circonstance est très-avantageuse pour la régénération de ces forêts, parce qu'il y a alors presque chaque année une production de semences différentes, susceptibles de garnir le sol et d'effectuer par suite le repeuplement des coupes.

Lorsqu'une forêt n'est peuplée que d'une seule essence, il importe que le climat soit bien favorable à sa fleuraison et à sa fructification, afin que la conservation et la régénération naturelle du massif soient assurées.

---

(1) Voir *La chaleur*, par M. TYNDALL.

(2) Le parfum des fleurs semble surtout destiné à attirer les insectes, auxiliaires précieux et parfois même indispensables de la fécondation des fruits et des semences.

Section III. Du Froid. — Gel et Dégel.

Lorsque la température descend au-dessous de zéro, l'eau se solidifie et ce phénomène de congélation, qui se manifeste en même temps que le froid a, dans certains cas, autant d'influence sur la plante que l'abaissement de la température. L'étude de l'action des basses températures sur la végétation est donc inséparable de celle des relations du phénomène de la gelée et du dégel. D'un autre côté, si la durée du froid et son intensité sont un des éléments de la détermination du climat d'un lieu en général, il faut ajouter que la manière dont s'exerce le froid a également une grande influence sur la détermination du climat particulier qu'un végétal peut supporter.

On connaît les effets et les résultats de la congélation sur les animaux, mais il n'en est pas de même pour les végétaux. Buffon a remarqué qu'une gelée assez vive ne causait aucun préjudice aux plantes lorsque le dégel arrivait lentement, et avant que les rayons du soleil ne les eussent atteintes ; dans le cas contraire, les plantes ou les parties gelées meurent. Duhamel du Monceau a également constaté que le dégel rapide faisait périr les plantes gelées.

La mort des végétaux gelés n'est donc pas la conséquence absolue et inévitable de la distension ou du déchirement des tissus occasionnés par la congélation, et l'augmentation de volume des liquides séveux. L'étude microscopique des tissus de plantes mortes à la suite d'une gelée, fait penser que l'on doit attribuer cet évènement à une rupture d'équilibre dans leurs molécules constituantes, ou à une désorganisation interne des cellules, devenant poreuses par suite d'une *brusque* transition du froid au chaud, ou du passage subit des fluides intérieurs de l'état solide à l'état liquide.

La congélation des plantes présente d'ailleurs, d'après M. Prilleux (1), un double phénomène. Cet auteur a en effet constaté : 1° que la glace se forme non pas dans l'intérieur, mais entre les cellules ; 2° que celles-ci se contractent alors et diminuent de volume, en perdant une partie de leur contenu,

(1) Voir dans *La revue des eaux et forêts*, octobre 1881 *de l'action de la gelée sur les plantes* par M. Prilleux.

et l'eau qui sort des cellules se prend ensuite en glace autour d'elles.

M. Ch. Martins est en outre d'avis, comme M. Sachs et d'autres auteurs, que la congélation de la sève n'occasionne pas la rupture des organes végétaux. Il n'est pas nécessaire que la température générale de l'air descende à zéro pour qu'une plante périsse de froid; ce fait peut se produire par suite d'un refroidissement partiel de l'atmosphère environnante, provoquée par l'évaporation ou le rayonnement, ce qui amène alors un abaissement brusque et sensible de température à l'intérieur des végétaux. A cet égard, l'état plus ou moins transparent de l'air, la présence habituelle des nuages ou des brouillards, les courants d'air, etc., sont des circonstances dont il importe de tenir compte, surtout lorsqu'il s'agit de la conservation des jeunes semis ou de jeunes plants.

Lorsque par suite de la congélation complète de la tige tous les tissus corticaux sont désorganisés, l'arbre meurt immédiatement(1).

Mais si par hasard l'action du froid ne s'est faite sentir que partiellement, et si des portions non altérées du tronc ou des branches ont conservé la faculté de transmettre les sucs végétaux, la plante peut encore émettre des feuilles au printemps, à la condition que cette production ne soit pas trop forte, sinon l'équilibre des fonctions est bientôt rompu, et l'arbre ne tarde pas à périr. En diminuant, dans ce cas, l'émission des organes aériens, on peut quelquefois espérer que la force vitale du végétal cicatrise les blessures intérieures produites par la congélation des liquides séveux, et l'arbre alors se remet et continue à végéter.

Pour préserver les plantes des suites funestes de la gelée, il suffit donc de les ramener lentement à leur état normal, et

(1) M. Prilleux a reconnu que les bois gelés, plus légers, spongieux et par suite susceptibles d'absorber plus d'humidité, doivent être davantage mis à l'abri pour être conservés. Il a constaté en outre que le bois de pin gelé n'a pas perdu sa résine, mais que celle-ci ne s'écoule plus à cause du défaut de turgescence des cellules, résultant de la désorganisation des tissus produite par le froid.

La mollesse des tissus végétaux, leur coloration en noir et leur infiltration par les liquides séveux sont les conséquences naturelles de l'action du froid sur les plantes, et la preuve certaine de la mort des arbres par suite de la congélation. Tous les tissus végétaux qui ont perdu leur activité vitale par suite de la gelée, se dessèchent ensuite très-rapidement. (*Revue des eaux et forêts*).

surtout de les soustraire à l'influence brusque et soudaine des rayons du soleil levant; ceux-ci sont en effet d'autant plus brûlants que l'air privé d'humidité, et par suite complètement diathermane, n'atténue ni ne modère pas la force de la radiation solaire.

D'après de Candolle, la faculté que possède chaque plante et chaque partie de la plante de résister à la gelée est en raison inverse de l'eau qu'elle contient. Les gelées sont donc plus spécialement nuisibles aux végétaux imprégnés d'humidité ou gonflés de liquide, et ce résultat fâcheux est surtout à redouter dans les fonds bas et humides, ainsi qu'aux expositions de l'est, frappées par le soleil levant. On doit donc, suivant la situation, tenir compte de ces circonstances pour le choix des essences, dans les travaux de semis ou de plantation.

Les inconvénients de la gelée se produisent plus rarement dans les terrains secs, et dans les régions où le vent se fait fréquemment sentir.

Les gelées blanches, nuisibles pour les jeunes plantes délicates, ne sont occasionnées que par le rayonnement nocturne, lorsque le ciel est pur et serein; elles sont donc rares dans les pays brumeux.

Le froid et la gelée sont principalement funestes aux jeunes brins en sève, ou en végétation. C'est pour cela que les gelées printanières font souvent périr les jeunes plants et les jeunes rejets mal lignifiés ou précoces, tandis qu'elles ont peu d'effet sur les grosses tiges dont le tissu ligneux est mauvais conducteur, ou qui contiennent moins de sucs ou liquides végétaux.

Les gelées suivies de dégel rendent l'écorce des arbres humide, et facilitent parfois l'infiltration de l'eau dans les couches corticales et ligneuses, de telle sorte que la congélation peut ensuite occasionner à la tige des fentes ou des gélivures, préjudiciables à la qualité du bois et à l'existence des arbres.

M. Prilleux a constaté que, par un froid de — 15 degrés, le tronc des arbres présentait des fentes béantes de largeur variable, et dont les bords se rejoignaient lorsque la température arrivait à + 4°. Ces fentes, constituant des gélivures, sont occasionnées par l'énergique contraction des couches ligneuses externes, en suite de la dessication inégale des tissus produite

par la congélation des liquides séveux. Cet accident ne se manifeste le plus souvent que chez les essences feuillues à racines pivotantes, à bois dur et pourvues d'un aubier ; les hêtres et les bois tendres en sont rarement atteints.

Les gros chênes, ayant 1 mètre de tour et au-dessus, pourvus d'une couche d'aubier assez développée, et principalement les réserves isolées ou surmontant les taillis, situées aux expositions est et nord, et dans les terrains légers sont très sujets aux gélivures.

Certaines essences à feuilles persistantes semblent plus sensibles au froid et à la gelée que les arbres à feuilles caduques, probablement parce que chez les végétaux de cette catégorie la végétation n'est jamais complètement suspendue. Cependant les arbres résineux, qui ne sont pas sujets aux gélivures, résistent très-bien au froid, excepté au moment de leur végétation, période pendant laquelle ils semblent redouter les gelées tardives.

Outre la gélivure, le froid détermine parfois la séparation de deux couches ligneuses concentriques du tronc, ou la mort d'une partie de l'aubier des arbres et principalement chez les chênes. Ces accidents, désignés sous le nom de *roulure*, de *double-aubier* ou de *lunure*, sont une cause de dépréciation pour les tiges qui ne peuvent plus alors être employées comme bois de service et d'industrie, et ne sont bonnes que pour le chauffage.

Suivant une remarque de John Rogers, rapportée par M. Prilleux, un froid intense courbe de divers côtés les organes herbacés des végétaux et même les branches des arbres. Ce résultat semble devoir être attribué, d'après cet auteur, à des contractions inégales dans le sens de la longueur de ces organes, lorsque leur structure n'est pas homogène, et qu'ils ne contiennent pas une quantité absolument égale d'eau de végétation.

Quoique la suspension et l'arrêt complet de la végétation, pendant l'hiver, semble favorable aux arbres, puisque la feuillaison du printemps est alors plus précoce, plus active et plus luxuriante, il n'en est pas moins certain qu'un froid très-vif, tardif et persistant, ou une température très basse, semblent cependant être, sous un certain rapport, contraire aux végétaux. Il résulte en effet d'une observation de M. Bouchardat,

que des gelées printanières successives ont pour conséquences la diminution, ou même l'avortement des pépins dans les fruits à noyaux. Cette observation, si elle était reconnue générale et bien fondée, devrait être prise en sérieuse considération pour certaines coupes d'ensemencement.

Le froid ne paraît pas nuisible aux graines, attendu que, d'après M. Boussingault, des semences exposées à une température de — 100 degrés n'ont pas perdu leurs facultés germinatives.

L'abaissement de la température a non-seulement une action directe sur les plantes, mais ce phénomène influe encore indirectement sur la végétation, lorsque, par suite de la congétation de la terre, l'humidité ne peut plus pénétrer dans le sol; dans ce cas, la sécheresse qui en résulte peut devenir préjudiciable aux végétaux. En outre, lorsque le terrain se refroidit profondément, même sans que la température descende à zéro, l'absorption des liquides par les racines ne s'effectue plus librement (1), et la végétation peut, dans certain cas spéciaux, être alors forcément suspendue (2).

Par suite de leur évaporation, les végétaux se refroidissent très vite dès le coucher du soleil, et cela explique la fraîcheur des vallées boisées. D'après M. Marié-Davy, les bas fonds sont toujours plus froids, parce que le sol se refroidit soit par le rayonnement, soit par le contact de l'air froid qui s'y accumule.

D'après M. Ch. Martins, les bas fonds et les dépressions du sol sont atteints par les gelées, parce que l'air froid roule sur les pentes et vient s'accumuler au fond des vallées et des concavités; l'humidité naturelle de ces terrains y rend même alors les gelées plus dangereuses pour les plantes.

Ce même auteur a constaté que, pour un même terrain, la température pendant les nuits d'hiver est beaucoup plus froide au niveau du sol, qu'à quelques mètres au-dessus. Cette différence, qui peut atteindre plusieurs degrés, varie suivant l'état du ciel; elle arrive à son maximum par les nuits sereines, et disparaît presque pour les nuits nuageuses. Elle provient

(1) D'après le docteur Sachs, certaines racines, comme celles de la courge et du tabac cessent de fonctionner suffisamment pour réparer les pertes de l'évaporation, lorsque la température du sol est à + 5°.

(2) D'après M. Marié-Davy, le peuplier balsaminifère commence à pousser quand le sol qui entoure ses racines est encore gelé.

du refroidissement du sol par rayonnement, lequel se communique à l'air et le refroidit ensuite. D'après les expériences de M. Ch. Martins, ce refroidissement n'est pas uniforme ; très rapide à partir du sol, il se ralentit à mesure qu'on s'élève. Dans les nuits sereines, il a été de 1°32 pour une hauteur comprise entre 0^{m} 05 cent. et 2^{m} au-dessus du sol ; de 0°32 seulement pour une élévation entre 4 et 6^{m} ; de 2°01 pour une différence de niveau de 6^{m} à 26^{m}, et de 1°05 entre 26 et 50 mètres. Cette diminution du froid ne se fait sentir que normalement au sol, et doit être influencée par l'effet de l'altitude.

D'après ces expériences de M. Ch. Martins, la hauteur de 50^{m} fait comprendre l'accumulation de l'air froid dans les dépressions du sol, mais ne permet pas de conclure d'une façon absolue que les arbres des coteaux, ou des points élevés soient par là même à l'abri des gelées. Dans tous les cas, le couvert des arbres empêche que le sol se refroidisse aussi vite et autant que lorsque le terrain est nu.

Dans les terrains humides, et principalement dans ceux argileux, le gel et le dégel successifs deviennent parfois très-dangereux pour les jeunes plants, qui sont ainsi déchaussés et mis hors de terre. Lorsque la température descend à zéro, la couche superficielle du sol, qui se congèle, serre d'abord les jeunes plants au collet ; si l'abaissement de la température continue, le gel de la couche inférieure soulève, par suite de la dilatation des liquides, la couche superficielle congelée, et celle-ci, dans ce mouvement ascensionnel, entraîne alors avec elle les jeunes plants serrés au collet ; puis le froid en continuant solidifie tout le terrain inférieur, auquel les racines sont adhérentes. Au premier dégel, la couche superficielle du sol perdant sa rigidité glaciale s'affaisse, et toute adhérence entre la terre et les jeunes plants cesse ; ceux-ci, dont les racines sont fixées et immobilisées par la terre non dégelée, ne pouvant par conséquent pas rentrer dans le sol, restent donc soulevés hors de terre, c'est-à-dire déchaussés sur toute la hauteur dont la gelée avait primitivement soulevé le terrain.

La même série de phénomènes se reproduisant à chaque nouvelle gelée suivie d'un dégel, il en résulte que, dans le courant d'un hiver, les jeunes plants peuvent se trouver déchaussés en partie, ou même complètement arrachés, avec leurs racines mises à l'air, et exposés par suite à périr.

La gelée produit d'autres fois un résultat avantageux en

soulevant et émiettant la terre ; elle facilite alors au printemps la réussite des graines qui germent, et dont les racines peuvent s'enfoncer dans un sol ameubli, frais et perméable.

L'action du gel contribue également à désagréger les roches et les grosses pierres.

Un sol boisé gèle pendant l'hiver aussi bien qu'un terrain nu ; mais lorsqu'un terrain est garni d'arbres, la gelée se fait très rarement sentir à plus de 0m 30 c. de profondeur dans le sol. Quoique les forêts exercent sur le climat une action frigorifique de 1/2 degré, elles modèrent néanmoins les écarts de la température qui sont moins excessifs dans les terrains boisés que sur les sols nus.

CHAPITRE IV.

Phénomènes aqueux de l'atmosphère.

Les phénomènes aqueux de l'atmosphère doivent être étudiés suivant les trois états, sous lesquels l'eau peut s'y trouver en relation avec les végétaux, c'est-à-dire à l'état gazeux, liquide et solide.

Section I. — De l'Eau a l'état gazeux. — Vapeur d'eau, Brouillards, Nuages.

L'humidité contenue dans l'atmosphère, c'est-à-dire la vapeur d'eau, s'y présente sous trois modes bien différents, savoir : vapeur invisible ou vésiculaire, vapeur visible ou brouillard, vapeur condensée ou nuage.

La quantité de vapeur d'eau invisible contenue dans l'air est d'autant plus considérable que la température est plus élevée ; elle rend l'air humide et lui enlève une partie de sa transparence.

L'état brumeux et hygrométrique de l'atmosphère entretient la fraîcheur de la terre, qui absorbe une partie de la vapeur d'eau ; cette humidité de l'air favorise la végétation des plantes et surtout le développement des organes folia-

cés (1), mais en resserrant les stomates des feuilles, elle amène aussi un certain ralentissement dans les fonctions de la circulation et de l'évaporation.

La nébulosité de l'air, en diminuant l'intensité de la lumière et de la chaleur (d'après M. Tyndall, la vapeur d'eau absorbe 70 fois plus de chaleur que l'air dans lequel cette vapeur est repandue), peut devenir ainsi, dans certains cas, une cause de ralentissement pour la végétation, quoique la diminution de la chaleur reçue puisse être compensée, jusqu'à un certain point, par la diminution du rayonnement des plantes, ce qui empêche ainsi leur refroidissement.

Suivant les climats, la vapeur d'eau atmosphérique peut aussi servir d'écran modérateur, en atténuant l'intensité de la chaleur solaire dans les pays chauds, et en diminuant le refroidissement par le rayonnement dans les régions froides.

Lorsque sa tension diminue, la vapeur d'eau devient apparente sous forme de brouillards, dont l'humidité se condense alors facilement contre les feuilles des végétaux, et parfois même avec assez d'abondance, pour que l'eau tombe par gouttelettes jusqu'au sol. Ce liquide, provenant de la condensation des brouillards, est ordinairement riche en ammoniaque et forme ainsi un engrais fertilisant, qui active la végétation et la croissance des massifs boisés.

D'après M. Marié-Davy, les vallées entourées de hauts plateaux sont plus fréquemment couvertes de brouillards que les vallées largement ouvertes, parce que l'air refroidi sur les lieux élevés, et devenu plus dense, glisse le long des pentes vers les terrains situés plus bas. Les sommets des montagnes sont généralement humides, à cause de la condensation des brouillards ; on doit tenir compte de cette circonstance pour conserver les crêtes boisées, à cause de leur action protectrice pour les végétaux inférieurs, soit comme abri, soit comme source de fraîcheur et d'humidité.

Les brouillards favorisent le développement des organes foliacés; mais soit par leur action frigorifique, soit en mouillant le pollen des fleurs, ils peuvent parfois contrarier la fructification des arbres, et ralentir par suite la régénération des coupes par voie de semis naturel.

---

(1) La vapeur d'eau ou l'air humide est sans doute favorable à la croissance des végétaux, parce que ceux-ci y trouvent l'eau, l'acide carbonique, l'oxygène et l'azote nécessaires à leur développement; mais on a remarqué que l'humidité n'est pas une condition favorable à la production des graines.

Lorsque les brouillards se condensent davantage, ils prennent le caractère de nuages plus ou moins épais. Sous cette forme, ils agissent comme écran par rapport à la lumière et à la chaleur solaire, et comme abri par rapport à l'évaporation et au rayonnement des plantes.

Les nuages ne font parfois qu'amoindrir la chaleur lumineuse, en laissant arriver jusqu'au sol la chaleur obscure ; cette circonstance, loin d'être nuisible, devient, d'après M. Déhérain, très favorable à la végétation des plantes, parce qu'elles se trouvent alors placées naturellement dans les conditions que les jardiniers cherchent à réaliser dans les serres. Ces conditions, qui ne se rencontrent que sur le littoral de certaines mers, expliquent ainsi la végétation exceptionnelle, surtout en ce qui concerne les organes foliacés, que présentent quelques contrées situées dans des climats chauds et brumeux.

D'après M. Grandeau, l'état boisé du sol augmente la moyenne annuelle d'humidité relative de l'air, dans une proportion d'autant plus grande, que l'altitude des forêts est plus considérable. Le climat des régions boisées est, en toute saison, beaucoup plus humide que celui des sols nus ; cette influence se fait particulièrement sentir pendant l'été, où l'écart est presque double pendant cette saison, comparativement aux autres.

Les brouillards et les brumes, qui tamisent la lumière et estompent les objets, peuvent quelque fois tromper l'œil sur l'état réel du peuplement des massifs boisés, qui paraissent, suivant les circonstances, plus ou moins serrés ; la brume donne surtout aux tiges un aspect élancé, qui illusionne sur leur hauteur effective. On doit donc, en montagne et dans certaines localités, se tenir en garde contre ces illusions d'optique et les jeux de lumière qui résultent de l'état de l'atmosphère.

Section II. — De l'Eau a l'état liquide. — Rosée. — Pluie. — Orage.

La condensation et la liquéfaction de l'humidité de l'air peuvent s'effectuer de deux manières : partiellement et au contact des corps froids, ce qui donne la rosée ; en masse et au sein de l'atmosphère, ce qui produit la pluie.

D'après M. Jamin, la pluie réchauffe l'air et les objets terrestres ; la rosée, en se déposant sur les plantes, les réchauffe aussi par suite de la condensation et de la liquéfaction de la vapeur d'eau, et retarde ainsi leur refroidissement provenant du rayonnement.

Quoique les feuilles et les menues branches des végétaux suivent la température de l'air, il arrive cependant fréquemment que, pendant les nuits claires, ces organes se refroidissent davantage par le rayonnement, et alors l'humidité de l'air se condense en rosée à leur surface. La quantité de rosée susceptible de se déposer ainsi dépend de la différence entre la chaleur du jour, qui vaporise l'eau, et le rayonnement de la nuit, qui en provoque la condensation.

Les rosées ralentissent la transpiration et entretiennent la fraîcheur des plantes (1) et du sol; lorsqu'elles sont abondantes, elles peuvent même, jusqu'à un certain point, suppléer au manque de pluie, mais ce résultat ne peut se réaliser que pour les végétaux situés de manière à être bien soumis au rayonnement frigorifique nocturne. Les premières conditions à cet égard sont donc l'isolement et l'absence d'arbres. Lorsqu'elles font défaut, les plantes échauffées pendant le jour par les rayons du soleil, ne pouvant pas se refroidir pas par le rayonnement nocturne, et n'étant pas alors rafraîchies par les rosées de la nuit, sont parfois exposées à périr. C'est pour cette raison que les nettoiements, les binages et les sarclages sont indispensables, dans les climats méridionaux, pour conserver, pendant l'été, les jeunes plants naturels ou artificiels.

La rosée ne se dépose abondamment que lorsque la nuit est claire et le ciel sans nuage ; la condensation de l'humidité est surtout considérable, lorsque le ciel se dégage le matin. Les conditions les plus favorables à la production de ce phénomène se trouvent ainsi réunies dans les climats méridionaux, où les nuits sereines succèdent à des journées brûlantes; aussi les rosées y sont-elles beaucoup plus abondantes que dans les pays froids. Les rosées sont en outre plus fortes

(1) D'après M. Sachs, les feuilles n'absorbent pas l'eau qui les mouille; l'effet observé, relatif à l'entretien de la fraîcheur des plantes lorsqu'on mouille leurs euilles doit, suivant cet auteur, être attribué à la diminution de la transpiration, qui permet alors au végétal de conserver, dans ses tissus, toute l'humidité absorbée par les racines.

près du sol et les cimes des arbres élevés échappent le plus souvent à cette influence.

Malgré sa faible quantité, l'eau condensée par la rosée (1) sur les feuilles, ou absorbée directement par le sol, a cependant une action bienfaisante et rafraîchissante très importante, puisqu'elle permet aux plantes de résister aux sécheresses prolongées, et aux étés sans pluies des régions du midi.

Lorsque la condensation des vapeurs a lieu dans l'air, et par grande masse, l'eau s'échappe alors en plus ou moins grande abondance des nuages, et cette chute de liquide constitue la pluie, bienfaisante quant elle est modérée, mais dont les excès sont parfois très nuisibles.

La fraîcheur et l'humidité modérées sont une cause de fertilité et de vigueur pour les plantes; aussi la fréquence des pluies, condition essentielle d'un climat humide, a pour résultat de permettre le développement d'une végétation vigoureuse dans des terrains légers et sablonneux, qui resteraient stériles sous un climat chaud et sec. Mais par contre, un terrain argileux et compacte peut être transformé en marécage improductif, sous l'influence de pluies trop abondantes.

Le mode de distribution des eaux pluviales est donc aussi important que leur quantité, au point de vue de la végétation ; en outre, M. Marié Davy pense que les années pluvieuses contrarient la végétation, plutôt à cause de la diminution de l'éclairement du ciel avec les temps pluvieux, que par l'excès d'eau tombée.

La quantité d'eau fournie par les pluies diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur et des bords de la mer, mais l'intensité des pluies augmente à mesure qu'on s'élève sur les montagnes (2), où il tombe plus d'eau que dans les plaines et les valléee, parce que les

(1) La quantité d'eau fournie par une rosée abondante n'excède par 5 à 6 centièmes de millimètre, et ne paraît pas en rapport avec la fraîcheur que ce phénomène procure au sol et aux plantes; peut-être l'effet bienfaisant de la rosée doit-il être attribué en partie à l'ammoniaque et à l'acide nitrique dont l'eau en provenant est ordinairement chargée.

(2) La compression, par la force du vent, des nuages et des brouillards contre le flanc des montagnes élevées détermine quelquefois leur condensation rapide et locale, et donné lieu par suite à une pluie abondante ; mais ce phénomène ne doit pas être confondu avec la condensation frigorifique résultant de l'influence des massifs boisés.

vapeurs se condensent en s'élevant dans des couches d'air plus froides. Enfin le nombre des jours de pluie s'accroît en allant du sud au nord, et diminue en s'éloignant du littoral des mers.

L'état boisé d'une contrée augmente, surtout en été, la quantité d'eau qui s'y précipite, et cette influence est plus sensible dans des régions montagneuses que dans les plaines, où il est parfois assez difficile de la déterminer.

D'après les expériences météorologiques de MM. Mathieu(1) et Fautrat(2), dans les trois quarts des pluies (77 fois sur (100), celle-ci est plus abondante en terrains boisés qu'en terrains découverts ; la proportion d'eau tombée sur les pays boisés ou non est dans la proportion de 100 à 89, c'est-à-dire que les terrains boisés reçoivent 1/10 de plus d'eau que les terres voisines cultivées, et cet effet est plus sensible sur les futaies que sur les taillis. Les bois peuplés en essences résineuses produisent, quant à la condensation des vapeurs, un effet double de celui constaté chez les bois feuillus (3).

Toute l'eau qui tombe sur une surface boisée n'arrive pas jusqu'au sol, et une certaine quantité, variable suivant les essences, l'état du massif et l'âge des bois, est retenue par les feuilles des arbres. En moyenne dans les forêts feuillues, les branches seules, après la chute des feuilles, retiennent, en hiver, un dixième de l'eau tombée, et le sol en reçoit les neuf dixièmes ; pendant l'été, l'eau retenue par les branches et les feuilles ensemble s'élève à deux dixièmes, et la terre reçoit le surplus, c'est-à-dire les huit dixièmes (4). L'action du feuillage des arbres résineux et de certaines essences à feuilles persistantes est beaucoup plus importante sous ce rapport, puisque celui-ci retient près de la moitié de la pluie, et n'en laisse arriver que la moitié sur le sol.

---

(1) Voir le rapport sur *La météorologie comparée agricole et forestière*, par M. A. Mathieu.

(2) Voir *Observations météorologiques faites de 1877 à 1878*, par M. Fautrat.

(3) D'après M. Fautrat, l'état de saturation d'humidité de l'air est de 0,13 p. 0/0 plus fort au-dessus d'un massif boisé qu'en terrain découvert, et entre deux massifs peuplés en bois feuillus et résineux, l'avantage pour ce dernier est de 0.04 pour l'entretien de l'humidité de l'air.

(4) D'après les observations des forestiers bavarois, dans les massifs de futaie pleine, la cime des arbres retient de 25 à 30 pour cent de l'eau des pluies.

Toutes compensations faites, les sols forestiers sont aussi bien abreuvés que les sols nus des régions agricoles ; mais comme par suite du couvert des arbres, les sols boisés évaporent en moyenne trois fois moins d'eau (2 fois moins en hiver et 5 fois moins en été), il en résulte que les terrains garnis d'arbres, conservant trois fois plus de liquide, contribuent dans la même proportion à l'entretien des sources et des cours d'eau. Lorsque les sols boisés sont en même temps couverts de mousse, de feuilles mortes et autres détritus végétaux, le ralentissement de l'évaporation est doublé par suite de cette couverture et, dans ces conditions, les forêts évaporent six fois moins que les terres nues ou cultivées (1). La couverture du sol retient à elle seule environ une couche d'eau de un centimètre d'épaisseur.

Les eaux de pluies ont une certaine action fertilisante par la quantité d'azote à l'état d'ammoniaque qu'elles contiennent. D'après M. Bretscheneider, cette quantité varierait par année de 7 à 14 kilogrammes par hectare, et elle se répartirait par saison savoir : 66 0/0 au printemps et en été, c'est-à-dire pendant la période active de la végétation, et 34 0/0 en automne et en hiver. La proportion par mois augmente du mois d'octobre au mois de février, époque à laquelle se réalise le maximum, qui persiste jusqu'au mois de septembre, puis la diminution s'effectue.

Lorsque l'abondance de la pluie est exagérée, la chute d'eau atmosphérique prend le caractère d'orage, dont la violence est alors préjudiciable à la végétation, principalement en ce qui concerne le maintien de la terre sur les pentes. Si les terrains sont complètement boisés ou gazonnés, l'armure végétale dont-ils sont revêtus les protège et les défend ; mais il n'en est pas de même pour les sols dénudés.

Dans ce cas, la pluie, fouettant avec violence contre les versants, affouille la terre, déchausse les pierres et les

(1) D'après les observations de M. Marié-Davy, après chaque pluie, l'évaporation de la terre est forte et dépasse même quelquefois celle de l'eau en nappe, mais elle diminue rapidement au fur et à mesure que la couche superficielle se dessèche.

D'après les expériences de M. Grandeau, dans un sol argileux, la terre tassée évapore par 24 heures 13 grammes 50 d'eau par décimètre carré ; la même terre binée et contenant la même quantité d'eau évapore seulement 8 gr. 50 avec le même degré de saturation de l'air égal à 76 p. 0/0, et la même température de 20 degrés.

rochers qui s'éboulent ; l'eau qui s'écoule sur les pentes augmente à chaque instant de vitesse, de volume et de force et, après un certain parcours, commence à creuser des rigoles, dont les dimensions s'accroissent jusqu'à ce qu'un obstacle détermine une chute, ou que deux écoulements se réunissent.

Le courant alors délaye et emporte les terrés ; sa violence et son impétuosité grandissant avec la hauteur de sa chute, il ronge le sol qui s'éboule de tous les côtés ; des affouillements se produisent, son lit s'aggrandit, et son volume augmente. Bien souvent les terrains supérieurs, minés par la base, s'écroulent ; le ravin se creuse alors en arrière et remonte de plus en plus vers la cime, pendant qu'une masse énorme d'eau, de pierres et de boue se précipite avec une violence extrême, en grondant et bouillonnant jusqu'au fond de la vallée. A ces bouleversements de la nature, on ne peut opposer avec succès que les forces naturelles de la végétation, et le gazonnement ou le reboisement peuvent seuls garantir les pentes des ravinements produits par les pluies d'orages. On l'a dit depuis longtemps, *le bois défend le sol penchant* (1), et les travaux de reboisement déjà effectués dans les Alpes en fournissent la preuve évidente et irrécusable. Cette conclusion se trouve corroborée par le tableau ci-dessous qui, comme corollaire, montre la marche décroissante de la puissance colmatante de la Durance, depuis le commencement des travaux de reboisement effectués dans son bassin, c'est-à-dire la réduction de la proportion des matières terreuses enlevées aux montagnes par la pluie, pour un débit constant de 1 mètre par seconde.

PÉRIODES D'OBSERVATION.	QUANTITÉ DES MATIÈRES TERREUSES TENUE EN SUSPENSION DANS L'EAU DE LA DURANCE POUR UN DÉBIT DE 1 MÈTRES PAR SECONDE	DIMINUTION CONSTATÉE DANS LE TRANSPORT DES MATIÈRES TERREUSES
de 1868 à 1871	29 230 mètres cubes	» »
en 1872	28 593 id. id.	637 m. c.
id. 1873	26 656 id. id.	1937 id.
id. 1874	25 660 id. id.	996 id.
id. 1875	25 204 id. id.	456 id.

(1) Voir *Les études de maître Pierre sur l'agriculture et les forêts*, par M. Antonin Rousset.

D'après ses observations, M. Grandeau en conclut (1) que la disparition des bois sur de grandes étendues a pour effet de réduire notablement l'humidité de l'atmosphère pendant les mois chauds, surtout dans les régions chaudes, et de diminuer la fréquence et l'intensité des pluies. Le sol des pays déboisés sur une vaste surface est donc moins humide, et les sources y sont plus rares. En ce qui concerne la diminution des pluies, les inconvénients du déboisement se font sentir d'une façon plus manifeste dans les plaines et sur les plateaux que dans les pays de montagne.

Partout où le sol est aride, où le ciel est de feu, dit M. Fautrat (2), la forêt est le modérateur indispensable d'où viennent l'eau et la source.

Il est donc indiscutable que l'état boisé du sol empêche le ravinement des montagnes, augmente l'humidité relative de l'air, ainsi que la proportion des pluies, et concourt efficacement à l'entretien des sources.

Section III. De l'Eau a l'état solide, — Givre. — Neige. Grêle.

La solidification de la vapeur d'eau peut s'effectuer dans l'air ou au contact des végétaux ; dans ce dernier cas, elle donne naissance au givre ou verglas qui, dans les bas-fonds et dans tous les lieux humides, s'attache aux rameaux des arbres pour y former de brillantes cristallisations. Cette formation peut avoir cependant des conséquences funestes pour la végétation ligneuse, parce que les branches et les arbres eux-mêmes sont quelquefois brisés ou renversés par le poids de l'eau ainsi congelée (3). On ne connaît pas encore bien exactement la cause de la formation du givre ou du verglas, et on ne peut dès lors indiquer le moyen d'en prévenir les suites fâcheuses.

La neige est produite par la solidification de l'eau, ou de la vapeur d'eau condensée dans l'air ; à cause de sa légèreté et de la variété des formes de ses cristaux, il est très-difficile

(1) Voir *Cours d'agriculture de l'École forestière*, par M. Grandeau.

(2) Voir *Observations météorologiques*, par M. Fautrat.

(3) Dans la nuit du 23 janvier 1879, une formation extraordinaire de verglas, qui s'est étendu sur une partie de la France, a causé des dommages considérables dans les forêts de Fontainebleau, du Blaisois, d'Orléans, etc., et dans les régions du Centre et de l'Est.

d'évaluer la quantité de liquide correspondant exactement à l'épaisseur quelconque d'une couche de neige. D'après les expériences de M. Quetelet, l'eau provenant de la fusion d'une couche de neige varie entre 0,053 à 0,357 de la hauteur de cette couche, soit en moyenne 0,20 ou le 1/5. Cette moyenne pourrait même, d'après les indications de M. Marié Davy, être réduite à 0,12 p. °/₀ soit à 1/8.

La fusion lente de la neige fait pénétrer une grande quantité de liquide dans la terre, ce qui entretient la fraicheur et favorise ainsi la végétation.

La neige fertilise en outre le sol en empêchant la diffusion et la perte de l'ammoniaque qui, au lieu de se dégager dans l'air, reste fixé dans l'eau, et s'infiltre et s'incorpore ainsi dans la terre (1). La chute et le maintien de la neige sur le sol a enfin une action bienfaisante sur le développement des plantes, en empêchant le refroidissement du terrain et le gel des jeunes sujets.

L'accumulation de la neige sur les jeunes peuplements trop serrés est parfois très-dangereuse, parce qu'elle les écrase et les déforme sous son poids ; il en est de même pour les arbres à feuilles persistantes, dont le houppier surchargé de neige se brise, ou bien occasionne l'arrachis de l'arbre (2).

Ces inconvénients, fréquents sur les montagnes et surtout aux versants nord, sont souvent de nature à faire modifier les règles d'assiette des coupes, ou bien doivent faire adopter des règles spéciales pour les jeunes peuplements exposés à ces dommages.

La neige fond en général plus rapidement sur les terrains nus que sur les sols boisés. On a remarqué aussi qu'elle disparaissait plus vite sous les arbres résineux et à feuilles persistantes que sous les autres essences, probablement parce que le houppier feuillé de ces arbres, mettant obstacle au rayonnement et par suite au refroidissement de la couche supérieure, facilitait ainsi la fusion intérieure de la neige, sous l'action de la chaleur du sol.

Il résulte en outre d'observations encore incomplètes, que la

---

(1) La neige qui couvre les prairies alpestres doit ainsi les fertiliser, tout en facilitant la décomposition des feuilles sèches et des herbes non broutées par les animaux.

(2) D'aprés M. Broilliard, le pin cembro, qui vient au sommet des hautes montagnes, ne se brise pas et résiste très-bien au poids de la neige accumulée sur ses branches.

neige ne persiste pas pendant le même laps de temps sur tous les arbres. Ainsi on a remarqué que l'orme, par exemple, se trouvait débarrassé de la neige quelques heures après sa chute, tandis qu'elle séjournait plusieurs jours sur les branches d'autres arbres voisins. Cette exception, qui pourrait être expliquée par la différence de densité ou de conductibilité du bois, ne doit être admise qu'après un examen plus sérieux et plus minutieux de ce fait.

Dans les massifs boisés, où la température est plus uniforme, la fonte de la neige s'effectue, en général, d'une manière plus continue et plus régulière. Avec le froid, elle y est plus rapide qu'en terrain nu, et inversement elle y est plus lente, lorsque la température est chaude, ce qui évite les inconvénients tels que crues et inondations, résultant de la fonte rapide, soudaine et générale des neiges.

L'eau se solidifie quelquefois complètement au sein de l'atmosphère et tombe ensuite sur le sol sous la forme de petits blocs de glace plus ou moins gros. Ce phénomène, encore inexpliqué et connu sous le nom de grêle, est excessivement nuisible aux plantes, parce que les grêlons, ordinairement chassés par un vent violent, font aux feuilles, aux fruits, à l'écorce et aux jeunes tiges des plaies contuses ou des déchirures, qui altèrent les tissus et troublent profondément la circulation.

Les organes verts déchirés et meurtris par les grêlons présentent, au bout de quelques jours, une coloration d'un brun noirâtre, qui a une certaine analogie avec celle qui est produite par le froid sur ces organes naissants. Les animaux ne mangent pas volontiers, dit-on, les feuilles ainsi meurtries.

L'action de la grêle sur les végétaux n'a jamais été l'objet d'une étude bien approfondie, et il est probable que le dommage causé par les grêlons doit surtout être attribué à la désorganisation des tissus, résultant des blessures contuses ou des déchirures produites.

CHAPITRE V.

Courant d'air.— Vent d'impulsion & d'Aspiration. — Brise.

Les masses d'air de l'atmosphère sont constamment en mouvement,à cause de leurs différents degrés de température et de pesanteur. Lorsque l'air est échauffé il devient moins dense et plus léger, et a par suite une tendance à s'élever ; mais ce mouvement ascensionnel produit alors un vide inférieur qui détermine un appel de l'air environnant, et constitue ainsi dans les régions basses un courant ou vent d'aspiration. Au fur et à mesure que l'air chaud s'élève dans l'atmosphère, il se dilate davantage par suite de la diminution de pression et finit par se refroidir. Devenue ainsi dense et lourde, cette masse d'air tend alors à redescendre, et en pressant sur les couches adjacentes, elle détermine un courant descendant, qui chasse devant lui tout l'air qu'il rencontre, et donne par suite naissance, à la surface du sol, à un vent d'impulsion.

Ces deux causes principales des mouvements de l'air atmosphériques sont, en outre, diversement modifiées par la rotation du globe, la température de la terre et des mers, et la configuration des montagnes. Cette circulation de l'air est indispensable pour disséminer les gaz, tels que l'ammoniaque et l'acide nitrique, nécessaires à la nutrition des plantes; pour rendre partout la composition de l'air homogène, et pour distribuer enfin sur les continents la vapeur d'eau et les pluies destinées à entretenir la fraîcheur et l'humidité du sol.

Un vent modéré augmente l'évaporation des feuilles, soit par le seul fait de leur agitation, soit en vaporisant la couche d'humidité qui se condense parfois sur leurs tissus. En activant ainsi la transpiration de tous les organes, et par suite leurs fonctions, et en rendant la circulation plus rapide, les courants d'air favorisent le développement général des végétaux. A certaines expositions, les brises régulières rafraîchissent l'atmosphère et modèrent l'action de la chaleur pendant l'été, tandis que, pendant l'hiver, en aérant les plantes et en séchant la surface de leurs tissus, elles rendent les gelées plus rares et moins dangereuses. Il est vrai que

par suite de l'évaporation rapide produite par le vent, la vaporisation de l'eau, en absorbant la chaleur de la plante, peut aussi produire, dans certains cas, un abaissement de température nuisible aux plantes.

Les courants d'air aident puissamment à la fécondation des fleurs et à la production des fruits par la dispersion du pollen.

Le vent peut, jusqu'à un certain point, contribuer à donner une certaine élasticité aux arbres, par suite du balancement qu'il imprime aux tiges. Cette agitation, en relâchant et distendant les tissus corticaux, devient en outre, ainsi que cela résulte d'une expérience de Knight, une circonstance favorable pour le grossissement du tronc, et peut servir à expliquer en partie l'accroissement rapide des arbres isolés.

Lorsque les vents humides et pluvieux souflent avec violence, ils déracinent quelquefois les arbres, parce que la terre détrempée offre alors des points d'attache moins solides aux racines ; les vents secs ont d'autre part l'inconvénient de soulever et d'enlever les feuilles mortes, et sont, par suite du dessèchement du sol qui en est la conséquence (1), peu favorables à la végétation. Les vents chauds et brûlants sont aussi parfois très-nuisibles aux plantes, parce que en exagérant la transpiration et l'évaporation, ils peuvent faire périr les organes foliacés, en leur enlevant l'humidité nécessaire à la vitalité de leurs tissus : on dit alors que le vent brûle les feuilles, ce qui peut même, suivant les circonstances, faire mourir les arbres.

En montagne on doit tenir compte de l'action des vents, non seulement parce que leur violence augmente souvent avec l'altitude, mais aussi parce que les gorges, les cols et les versants modifient généralement leur force et leur direction. Dans les pays accidentés, il est prudent, pour l'assiette des coupes, d'avoir non seulement égard à la direction du principal vent régnant dans la contrée, mais encore à celle des courants d'air spéciaux à la situation des cantons, et de diriger ces exploitations en conséquence.

Les coupes doivent, autant que possible, être assises du côté opposé au vent le plus violent et le plus dangereux ; lorsqu'elles approchent des rives de la forêt, il convient sou-

(1) D'après les observations de M. Ebermayer, le maintien des feuilles mortes sur le sol est le meilleur moyen pour empêcher le desséchement du terrain, sous l'action du vent.

vent de laisser un massif formant une bordure d'une certaine largeur (1) et proportionnée aux circonstances locales, jusqu'à ce que le repeuplement des coupes soit assuré.

Le succès des coupes d'ensemencement naturel est en partie subordonné à l'action des vents, soit que leur violence renverse les porte-graines isolés, ou que les semences légères, étant toutes emportées dans une direction unique, leur dissémination régulière ne puisse avoir lieu.

Au bord de la mer, la force et la régularité des vents, qui souvent transportent des vapeurs salines ou des particules de sable fin, contrarient le développement des arbres, et imposent à leur feuillage déchiqueté une forme courbe particulière; cette influence est très-nuisible aux végétaux dont les feuilles sont grandes, minces et tendres.

Dans les pays plats et dénudés, les vents violents deviennent parfois un obstacle sérieux pour la végétation, parce qu'ils entravent la culture, en enlevant et en emportant au loin, sous forme de poussière, la terre arable et les principes assimilables, humus, etc., provenant de la décomposition des plantes. Ils empêchent en outre le développement régulier du houppier des arbres, dont les branches s'allongent inégalement, parce que les rameaux qui se dirigent contre le vent, secoués et froissés les uns contre les autres, perdent leurs bourgeons, leurs feuilles, et que l'écorce est souvent même enlevée et détruite par le frottement violent des branches.

On a remarqué également que dans les régions où le vent se fait sentir avec violence, les troncs des arbres isolés sont en général ovales, et que leur grand axe est orienté dans la direction du vent, comme si le végétal avait voulu renforcer ainsi sa tige, pour lui donner plus de force, et assurer sa résistance contre les rafales et les tempêtes.

(1) Cette bande protectrice doit avoir, d'après Hartig, une largeur moyenne de 30 à 36 mètres environ.

CHAPITRE VI.

Des Phénomènes électriques. — Foudre. — Ozone.

Les phénomènes atmosphériques sont tous plus ou moins accompagnés de productions ou de manifestations électriques, dont l'influence sur les végétaux a parfois une certaine importance.

Il est aujourd'hui reconnu que, pendant les pluies d'orage, il se forme dans l'air, par suite des décharges électriques, une certaine quantité d'acide nitrique et d'ammoniaque qui, précipitée sur le sol avec l'eau, fertilise la terre, et concourt à activer ainsi la croissance des plantes. D'un autre côté, la possibilité de l'absorption directe, par les feuilles, de l'ammoniaque et de l'acide nitrique formé dans l'atmosphère par les effluves ou les actions électriques, pourrait en quelque sorte expliquer l'harmonie des lois naturelles et la production périodique des orages, avec ou sans pluie, pendant les saisons où les plantes ont des feuilles susceptibles d'effectuer cette assimilation, c'est-à-dire pendant leur végétation.

Les expériences de M. Grandeau (1) ont, en outre, mis en relief l'influence directe de l'électricité sur les plantes. Il résulte en effet de ses observations, que les arbres agissent comme paratonnerre, et qu'en soustrayant les plantes mises à côté d'eux à l'influence électrique, ils en ralentissent le développement.

D'après cet auteur, une plante ainsi mise à l'abri de l'influence électrique subit, dans son évolution, une diminution de substance de 30 à 50 pour cent, portant principalement sur la formation du glucose et de l'amidon. La fleuraison et la fructification sont également modifiées, et le nombre des fleurs et des fruits diminue de 40 à 50 pour cent.

La suppression de l'influence électrique de l'air, par suite du voisinage des arbres et de leur couvert, sous lequel la tension électrique est nulle, serait, d'après cela, une des causes de la faible végétation des plantes abritées et dominées.

Quoique, suivant les expériences de M. Naudin, les faits constatés par M. Grandeau paraissent ne pas avoir un carac-

(1) Voir *Cours d'agriculture à l'École forestière*, par M. GRANDEAU.

tère de généralité absolu ; qu'ils semblent devoir être restreints aux plantes observées, avec diverses modifications résultant du climat, de la saison, de la température, etc., il convient néanmoins de tenir compte de ces observations, pour les plantations à effectuer dans les vides ou dans les massifs clairièrés. On devra donc, dans ce cas, choisir et placer près des arbres les plants les plus beaux et les plus forts, parce que la vigueur de leur végétation pourra ainsi équilibrer ou paralyser toute espèce d'influence nuisible.

En agissant comme paratonnerre, les arbres attirent l'électricité ; il résulte des observations de M. Colladon que les peupliers sont les arbres préférés par la foudre, qui les choisit, mais sans dommage pour eux, et en épargnant à leurs côtés des arbres plus grands. Cette préférence doit être attribuée à l'abondance de la sève et de leurs tissus aqueux. M. du Moncel a en effet reconnu, d'après des expériences directes, que le pouvoir conducteur de l'électricité était, pour les bois, en raison directe et en rapport de leurs propriétés hygrométriques. Cette remarque permet d'expliquer pourquoi les branches élevées, jeunes et fraîches, frappées par la foudre, ne sont pas brisées par le fluide qu'elles conduisent bien (1), tandis que le bois du tronc, plus sec et par suite mauvais conducteur, est ordinairement fendu en éclats, et projetté au loin avec l'écorce.

Les arbres auprès desquels il est dangereux de se trouver en cas d'orage sont, par conséquent, ceux dont le tronc est maintenu sec et à l'abri de la pluie, par leur feuillage, parce que, en cas de foudroiement, l'électricité ne trouvant pas une tige conductrice, quitte alors l'arbre et va frapper les objets voisins. Par la disposition de ses branches et de ses feuilles, la tige du peuplier est, en cas de pluie d'orage, le plus souvent mouillée jusqu'au pied, ce qui le rend alors bon conducteur, et lui fait remplir l'office de paratonnerre.

L'électricité doit probablement exercer en outre une certaine influence sur la végétation par la formation de l'ozone qui, d'après M. Fautrat, est moins abondant sous bois et principalement dans les massifs résineux, qu'en terrain découvert ; l'atmosphère renferme également moins d'ozone à 14

(1) Ce qui prouverait que l'électricité suit, sans se détourner, les feuilles et branches humides, c'est que les oiseaux et les nids, situés à la cime des arbres foudroyés, sont rarement tués par la foudre.

mètres au-dessus du sol, qu'à la surface. D'après les observations de M. Delestrac, inspecteur général des ponts et chaussées, la quantité d'ozone serait au contraire plus considérable sous une voûte de verdure qu'en plein air.

Il résulte d'une série d'expériences effectuées à Nice, pendant le mois de juillet 1874, avec une température de 25 à 28 degrés de chaleur et une pression barométrique de 756 à 764 millimètres, que l'air, après avoir traversé un léger rideau de feuillage, paraît contenir un peu moins d'ozone qu'auparavant, et qu'il n'y a pas à cet égard de différence sensible entre les essences résineuses ou feuillues.

Les relations de l'ozone avec la végétation sont encore bien incertaines, et de nombreuses expériences sont nécessaires pour éclaircir ce point intéressant de physiologie végétale.

LIVRE V.

DÉDUCTIONS ET APPLICATIONS DES LOIS NATURELLES ET DES PRINCIPES DE LA PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE AU TRAITEMENT DES ARBRES ISOLÉS ET EN MASSIFS.

CHAPITRE I.

Composition des Massifs.

Section I. — Acclimatation. — Naturalisation. Propagation des essences.

Les principes de la culture rationnelle des végétaux doivent servir de guide pour la propagation et la naturalisation des essences exotiques utiles, mais il ne faut pas, sous ce rapport, confondre la naturalisation et l'acclimatation ; la première est possible et l'autre ne l'est pas (1).

L'homme seul peut braver impunément tous les climats, parce qu'il modifie ses vêtements, son habitation et sa nourriture, tandis que les végétaux, quoique temporairement conservés sous des abris factices, ne peuvent changer ni leur alimentation, ni leur mode de végétation. Le végétal, dit M. Ch. Martins (2), vit tant que le thermomètre et l'hygromètre se maintiennent dans les limites qu'il peut supporter ; cette limite dépassée, il périt. Cela explique les causes d'insuccès des tentatives d'acclimatation des végétaux.

Mais il n'en est pas de même de la naturalisation et, dans les limites de chaleur et d'humidité (3) qui leur sont nécessaires, les plantes subissent en réalité des modifications parfois assez importantes.

(1) (2) Voir *Du Spitzberg au Sahara, Etapes d'un naturaliste*, par M. Charles Martins.

(3) Les plantes importées des régions montagneuses dans les plaines se trouvent placées dans un milieu plus sec que celui où elles sont nées, parce que l'humidité ordinaire des stations élevées leur fait alors défaut.

D'après les observations de MM. Tisserand et Schübeler (*La végétation dans les hautes latitudes*), les cultures de la Norwège, où la longueur des jours compense la faible élévation du soleil, prouvent que les végétaux sont susceptibles de se modifier, en mûrissant dans un plus court espace de temps. Ainsi la durée de la végétation des plantes diminue, à mesure qu'on remonte vers le nord, et les produits subissent également une réduction, ce qui n'a pas lieu pour les semences venues du sud ; avec ces dernières, le poids et la grosseur des graines augmentent.

M. Tisserand a remarqué, en outre, que diverses plantes subissent, jusqu'à un certain point, une espèce d'acclimatation ou d'adaptation. En effet, si on importe à Christiania des semences d'orge tirées des latitudes tempérées, la première année elles arrivent à maturité beaucoup plus tard que les plantes norwégiennes. Elles se développent d'abord à peu près dans le même temps que dans leur pays d'origine ; mais si, poursuivant l'expérience, on sème successivement l'orge récolté, on constate que le retard observé diminue graduellement, et qu'il disparaît après la quatrième ou cinquième génération.

La culture du blé à Sierra-Leone n'a pu s'établir qu'après plusieurs années ou récoltes ; l'influence du milieu a détruit d'abord les pieds trop faibles, et ceux qui ont pu résister se sont en quelque sorte pliés aux exigences du climat. Les semences ainsi produites, ayant transmis et complété les modifications acquises, ont pu donner peu à peu à leur tour des graines, qui ont enfin permis une culture rémunératrice.

La chrysanthème des Indes ou d'automne, originaire de la Chine, introduite en France en 1790, n'a commencé à donner des graines fertiles qu'en 1852, c'est-à-dire après 62 générations ou récoltes annuelles. Pour des arbres forestiers, chaque génération de sujet susceptible de donner des graines fertiles embrasse une période de 20 à 30 ans au moins, et 60 générations représenteraient donc un laps de temps de 1500 ans en moyenne. On ne doit pas oublier que, suivant M. Ch. Martins, un végétal n'est naturalisé, et définitivement acquis à une contrée, que lorsqu'il se reproduit spontanément et sans le secours de l'homme, comme il le ferait dans son pays natal ; l'acacia commun peut servir d'exemple à ce sujet.

En recherchant l'égalité climatérique, ainsi que la similitude de sol et de situation, les tentatives d'importation d'espè-

ces végétales d'une contrée dans une autre pourront être suivies de succès, si dans leurs nouvelles conditions d'existence, on cherche à rapprocher autant que possible, naturellement ou artificiellement, les plantes de leur milieu normal. Avec ces précautions, la naturalisation des végétaux est possible, et elle doit être tentée toutes les fois que des circonstances favorables se présentent.

Les mêmes règles s'appliquent à la propagation de toutes les espèces végétales, nouvelles ou anciennes, importées ou naturalisées, et à ce sujet on ne saurait mieux faire que de reproduire les observations présentées par M. Marié-Davy (1) sur les limites et les conditions normales des cultures. « De « plus en plus il faudra, dit-il, ne demander au sol rien qu'il « ne puisse donner, dans les conditions les plus avantageu- « ses, d'après sa nature et son climat..... Il faut que la « plante puisse parcourir toutes les phases de sa végétation « sans exiger des soins spéciaux..... Il y a donc à considérer « relativement à chaque plante : 1° Le degré de froid qu'elle « peut supporter l'hiver ; 2° Le degré de chaleur, de lumière « et d'humidité qui lui sont nécessaires à chacune des pério- « des de sa végétation. — Puis, relativement à la région : « 1° La température moyenne de l'hiver, ses températures « extrêmes, la fréquence et la rapidité des gels et des dégels, « l'approfondissement moyen et maximum de la gelée dans « la terre, la fréquence et la durée des neiges ; 2° La distri- « bution de la chaleur dans les mois du printemps, de l'été, « et de l'automne ; 3° La proportion des nuages et l'intensité « de la lumière solaire dans les divers mois ; 4° La réparti- « tion des pluies, leur abondance, leur fréquence moyenne « et extrême, le rapport de l'eau tombée à l'eau évaporée ; « 5° La fréquence et l'intensité des perturbations atmosphéri- « ques au point de vue de chacun des éléments ci-dessus, « ainsi qu'au point de vue des orages ; 6° Les qualités parti- « culières du sol comprenant son pouvoir absorbant, ses « facultés de conserver l'eau ou de la laisser perdre et ses « aptitudes culturales. »

Le même auteur ajoute plus loin : « La détermination des « régions agricoles devrait être basée sur deux ordres de « faits, relatifs les uns à la plante, et les autres au sol et au

(1) Voir *Météorologie et physique agricole*, par M. Marié-Davy, directeur de l'observatoire de Montsouris.

« climat où elle doit vivre. Les données journalières de la « pratique peuvent, jusqu'à un certain point, suppléer à l'in- « suffisance des données scientifiques, dans un pays où nous « vivons habituellement, et pour les plantes qui nous sont « familières. Dans un pays neuf pour nous, ou dans le cas « d'introduction de culture nouvelle, nous sommes obligés « de recommencer les tâtonnements inséparables d'une pra- « tique, qui n'est pas guidée par une théorie sûre d'elle- « même..... Parmi les nombreuses plantes vivant à l'état « naturel, sur les terres cultivées ou non, il en est de carac- « téristiques de sol et de climat ; il faut s'attacher à les bien « connaître..... on obtient ainsi des renseignements naturels « pouvant acquérir une grande valeur.

« Les régions agricoles ne peuvent être homogènes que « dans les pays de plaine; encore la nature du sol peut y varier « beaucoup d'un point à un autre..... Dans les pays acciden- « tés, à cette diversité dans la nature du sol viennent se « joindre les différences d'altitude, d'exposition et d'abri... »

Le savant directeur de l'observatoire de Montsouris, fait enfin connaître que les limites économiques des cultures sont déterminées par : « 1° Les produits moyens des cultures, dans « la situation que l'on examine ; 2° Les prix que ces produits « obtiennent sur les marchés ; « 3° Les dépenses que les cul- « tures exigent. »..... Les limites statistiques des cultures sont enfin, d'après M. de Gasparin, « celles qui naissent de la force et « de la densité des populations..... Les limites agricoles tien- « nent au mode de culture adopté dans chaque pays, et à la « distribution du temps des ouvriers employés à ces cultures. »

Section II. — Mélange et Alternance des essences dans les massifs boisés.

La question de l'alternance des essences forestières a été l'objet de longues controverses, qui ont pris fin par lassitude, plutôt que par conviction; cette question est restée sans solution parce qu'elle paraît avoir été mal posée. Voici les observations et les faits qui avaient donné naissance à cette discussion.

1° Dans les exploitations agricoles on a remarqué que la succession des *mêmes* cultures, sur un *même* terrain avait pour résultat de l'épuiser rapidement, et la preuve ressortait de la

diminution des produits ; l'alternance des cultures sur un même terrain l'épuise moins, ainsi que le démontrent les meilleures récoltes.

2° On a constaté que l'on ne pouvait planter avec succès, et faire succéder immédiatement certains arbres (ormes, mûriers, etc.), sur l'emplacement occupé par un arbre mort de même essence.

3° Les forêts de l'Amérique détruites par le feu, ou exploitées à blanc étoc sont remplacées par une végétation composée d'essences différentes de celles existant précédemment.

4° On voit enfin, dans toutes les forêts, les essences se succéder et se remplacer au milieu des massifs.

S'appuyant sur ces faits; partant ensuite de ces deux principes vrais, que chaque végétal puise dans le sol des éléments particuliers (1) nécessaires à son développement, et que certains terrains produisent des plantes spéciales (2); mais paraissant admettre sans discussion ce principe erronné au point de vue des lois naturelles, qu'une forêt, à l'exemple d'un champ cultivé, ne devait être peuplée que d'une seule espèce d'arbres, quelques auteurs forestiers en ont conclu que l'alternance des essences était, pour les massifs boisés, une loi aussi absolue que l'assolement des cultures pour les terres arables.

Cette question intéressante nécessite quelques développements détaillés.

Lorsqu'on ensemence en blé une terre vierge et fertile, son produit comprend ensemble la tige, les feuilles et les grains de l'épi récolté, et les éléments de cette production sont empruntés partie au sol et partie à l'air ; après la récolte et l'enlèvement de tous les produits, la terre est alors forcément appauvrie de toute la quantité des éléments qu'elle a fournis aux plantes. Si une seconde, une troisième, et un plus grand nombre de récoltes se succèdent toujours sur le même terrain, et si la *totalité* des produits (tige, feuilles et grains), est constamment enlevée, sans aucune restitution, le terrain appauvri cesse enfin de produire. Mais une fois ce résultat obtenu, c'est vainement qu'on tenterait de changer l'espèce des plantes cultivées; quel que soit le végétal planté ou semé dans ce terrain, sa végétation languissante montrera que le sol épuisé est devenu presque infertile.

---

(1) (2) Voir page 165, *Influence de la nature du sol sur la distribution et la végétation des arbres*, et page 167 et suivantes.

Cela prouve d'abord que l'assolement des cultures n'est donc pas la même chose que l'alternance des essences, ou des plantes cultivées.

Dans la culture du blé, pour continuer l'exemple ci-dessus, la récolte enlève à la terre les éléments qui ont servi à produire la paille et le grain. Aussi, pour entretenir la fertilité du sol, on enfouit des engrais ou des fumiers, qui contiennent, outre les éléments de la récolte du blé qu'il s'agit de restituer à la couche arable, d'autres principes indissolubles, inutiles sans doute à la production du blé, mais néanmoins très favorables à la végétation d'autres plantes, telles que avoine, pomme de terre, etc. Si donc les récoltes de froment se succédaient continuellement sur le même terrain avec des fumures convenables, on accumulerait ainsi peu à peu dans le sol une grande quantité de principes fertilisants, qui, superflus pour le blé, resteraient par suite improductifs et sans emploi.

Dans ce cas, on comprend l'importance et la nécessité d'un assolement par alternance de culture, dont le but est alors d'obtenir, avec la même fumure, la plus grande somme de produits possible, sur le même terrain.

Si un massif boisé en chêne pur était exploité chaque année, et si à chaque exploitation on enlevait au sol toutes les tiges, toutes les feuilles et tous les fruits, la terre finirait également par devenir improductive, après un laps de temps plus ou moins long, parce que les racines du chêne, plus développées que celles du froment, puisent leur nourriture dans une plus grande masse de terrain. Pour continuer indéfiniment la culture du chêne dans ces conditions, et sur le même sol, il faudrait aussi, comme pour le blé, avoir recours à des fumures, afin de restituer à la terre une partie des produits enlevés à chaque exploitation ; on rentrerait alors dans le cas de la culture du blé, citée plus haut, et une rotation ou une alternance d'essence deviendrait certainement avantageuse.

La jachère et la rotation, ou alternance des cultures ont eu pour point de départ l'absorption considérable des mêmes éléments du sol, par suite de la culture spéciale et constante de la même plante sur le même terrain, de l'enlèvement complet des récoltes annuelles, et de l'emploi des fumures pour fertiliser la terre. Mais le mode de culture et d'exploitation adopté pour un champ de blé n'est pas celui qui est suivi pour l'exploitation

d'une forêt, et il y a loin, sous ce rapport, de l'hypothèse ci-dessus à la réalité.

Un terrain ne s'épuise et ne devient infertile que lorsque la végétation ou la culture lui enlèvent plus de principes nutritifs qu'il ne peut en recevoir. Or, comme il est indiscutable que les feuilles et les autres détritus végétaux fertilisent les sols boisés (1), on doit en conclure d'abord, que la production ligneuse périodiquement enlevée ne peut pas épuiser un terrain boisé, et qu'en outre la quantité des éléments minéraux absorbés et incorporés dans le bois (2) est si peu importante, eu égard à la richesse des couches terreuses, que cette cause d'épuisement peut être considérée comme nulle, ou du moins sans importance appréciable (3).

Le second argument repose sur le fait que certains arbres (mûrier, orme, etc.) ne peuvent être plantés, avec chance de succès, sur l'emplacement où se trouvent encore des racines d'un arbre mort de la même espèce. La mort des jeunes arbres plantés dans ces conditions provient probablement, soit de ce que la fermentation putride (4), qui décompose les racines de l'arbre mort, se communique aux racines coupées ou

---

(1) Voir page 182, *De la fertilité de la terre par rapport à la nutrition et à la végétation des arbres isolés ou en massifs.*

(2) Voir page 114. *Composition du corps ligneux en général.*

(3) Si on attribuait aux éléments minéraux une influence assez forte pour pouvoir produire une alternance dans les essences, il faudrait admettre aussi qu'après sa disparition, une essence ne pourrait plus revenir sur le même terrain, sans que celui-ci ait regagné ou reconstitué les éléments absorbés par la végétation. Comment, dans l'ordre naturel, pourrait s'effectuer cette reconstitution dans l'intérieur du sol ? Evidemment par une actiou lente et successive. Mais pourquoi admettre alors que cette action, qui s'exercera sans doute après la disparition de cette essence, ne puisse pas s'exercer pendant le cours de son existence, sans qu'aucune interruption de végétation soit nécessaire. Il n'y a pas plus de raison pour accepter la première hypothèse, plutôt que la seconde.

(4) D'après Liebig, il parait que la manifestation de phénomènes chimiques, dans le voisinage des racines des arbres, trouble leur propre travail chimique et qu'un excès de matières en simple décomposition lente nuit aux plantes voisines, par le dégagement d'une trop grande quantité d'acide carbonique. Les racines d'un arbre mort devraient, en généralisant ce fait, faire périr tous les arbres voisins, à moins de n'attribuer cet effet morbide pour les jeunes plants, qu'aux blessures faites aux racines dans la transplantation. On pourrait il est vrai alléguer, que l'arbre mort ne touche un autre arbre que d'un seul côté, et que les autres organes vivants réagissent contre cette influence mortelle, mais cette assertion est sans grande valeur à cause de la corrélation des organes, et de la marche observée dans la propagation du mycelium des champignons parasites.

blessées du jeune sujet planté au même endroit et le fait périr ; ou bien doit être attribué à l'envahissement du mycelium de l'*agaricus melleus*, dont l'existence est signalée sur beaucoup de bois en décomposition (1). Ce fait morbide devient alors sans importance, au point de vue de la théorie de l'alternance des essences, d'abord parce qu'il cesse dès que, soit par suite de la décomposition, soit par le fait d'une recherche minutieuse, le terrain ne renferme plus aucun fragment de racines mortes, et qu'il se produit aussi bien pour les arbres de même espèce que pour ceux d'espèce différente.

Il résulte en effet des observations de MM. d'Arbois de Jubainville et Vesque, que les pins Weymouth deviennent malades par le voisinage d'épicéas, de mélèzes ou de pins sylvestre tués par l'*agaricus melleus*, dont le mycelium envahit d'ailleurs également les souches de charme, de hêtre, de bouleau, de chêne, etc.

D'un autre côté, il faut encore remarquer que, dans les forêts, le remplacement naturel des arbres ne se fait pas au moyen des plants de haute ou basse tige transplantés, mais par des brins de semences germant sur place.

On peut enfin observer à cet égard, que le temps nécessaire à un jeune sujet pour développer ses racines, sur l'emplacement d'un arbre préexistant, est parfois assez long, de telle sorte que toutes les anciennes racines sont le plus souvent complètement réduites en humus pendant cette période.

On a quelquefois invoqué, à ce sujet, le phénomène de la sécrétion des racines, lequel n'existant pas, n'a par conséquent pas besoin d'être discuté au point de vue de l'alternance des essences.

La succession et le remplacement des essences, observés dans les forêts d'Amérique et dans certains massifs, provient uniquement de diverses circonstances spéciales, qui ont facilité la régénération et la propagation, par voie de semis naturel, de telle ou telle essence particulière.

Ainsi, il a pu arriver sans doute qu'à la suite d'un incendie ou d'une exploitation à blanc étoc, les essences principales d'une forêt ont disparu, et ont été remplacées par d'autres arbres ayant préexisté, ou végétant sur le même ter-

(1) Voir *Les maladies des plantes cultivées*, par M. D'ARBOIS DE JUBAINVILLE et VESQUE, pages 222 et suivantes.

rain ; ou bien encore que dans un massif boisé, dont le peuplement est mélangé de deux ou de plusieurs essences, l'une d'elle tende à remplacer graduellement toutes les autres, ou réciproquement. Mais il n'en résulte pas forcément, que l'on soit fondé à attribuer ces changements à l'influence du terrain, et à baser ainsi une théorie sur une simple présomption, plutôt que d'y reconnaître les conséquences logiques et forcées d'une mauvaise exploitation.

Lorsqu'on veut étudier et rechercher les lois naturelles de la végétation forestière, il faut examiner les forêts dans leurs conditions normales d'existence, en dehors de toute intervention humaine, et il est alors à peu près impossible de supposer et d'admettre qu'un massif boisé soit composé d'une seule et unique espèce d'arbres. Ce résultat ne peut en effet se réaliser qu'avec une essence dont la graine germe sous un couvert complet ; dont le jeune plant se développe et se maintienne dans les mêmes conditions, sans mélange avec aucune autre graine ou plant, de sorte que chaque vide, résultant de la chute d'un arbre mort de vieillesse ou par accident, fut immédiatement et complètement regarni par les seuls jeunes brins de même essence, venus sous son ombre. Il faudrait même encore que les jeunes plants puissent être découverts impunément à tous les âges, et qu'ils soient en outre toujours assez serrés pour qu'aucune autre essence ne vînt s'implanter et se développer au milieu d'eux. Peut-on raisonnablement admettre la possibilité de ces conditions diverses dans un massif boisé un peu étendu et accidenté ?

Examinons d'ailleurs ce qui se produirait, par exemple, dans un massif complet de chêne pur. D'abord, dans ces conditions, les glands restent sur le sol sans pouvoir germer, ou bien les jeunes plants disparaissent étouffés par l'effet du couvert serré. Mais dès qu'un arbre meurt et tombe, un trou se fait ; alors, sous l'influence de la lumière, toutes les graines, glands, et autres semences transportées par les vents, germent et se développent simultanément dans cette place vide. Si le trou est petit, ou si les branches des arbres voisins le ferment en se rejoignant, les jeunes chênes, qui ont besoin d'air et de lumière, disparaitront peu à peu : mais le massif ne revient pas toujours à son état antérieur. En effet, si une circonstance fortuite a fait germer par hasard sur ce point une faine, ou bien des graines d'épicéas et de sapins, dont les jeunes plants ne

redoutent pas le couvert du chêne, voilà des essences qui vont parfaitement croître et se développer au milieu de cette forêt de chêne pur.

Si par contre le trou formé dans le couvert est grand, les jeunes chênes continueront à végéter ; mais à côté d'eux, il pourra se développer très-vigoureusement des trembles, des bouleaux, des pins, enfin toutes les essences de lumière dont les graines légères sont transportées au loin par les vents, et dont les plants n'ont pas besoin d'abri.

Dans les deux cas, l'homogénéité du massif est rompue pour l'avenir, et ne pourra plus se reconstituer naturellement, parce que ce mode de regarnissage des vides, par voie de semis naturel, se reproduira, pour chaque arbre qui disparaîtra, avec toutes les modifications résultant du climat, et des circonstances particulières à chaque terrain.

Etudions maintenant le cas d'un canton de futaie de hêtre exploité à blanc étoc : les faines disséminées sur le sol germeront, mais les jeunes plants ne pouvant supporter les ardeurs du soleil disparaîtront et, suivant le climat, toutes les essences de lumière, telles que bouleau, tremble, saule, pin, etc., dont les graines légères sont transportées au loin par les vents et dont les jeunes plants n'ont pas besoin d'abri, se développeront librement et vigoureusement sur ce terrain.

Dans ces deux cas, l'alternance ou le remplacement des essences ne peut pas être attribué à l'épuisement du sol, et il est en outre incontestable que le mélange des essences dans ces forêts n'est que le résultat forcé des actions naturelles.

Avant d'aller plus loin, il importe de faire remarquer que, sous un massif boisé à couvert serré, les graines disséminées sur le sol, presque toujours plus ou moins recouvertes d'une couche épaisse de feuilles, ne se trouvent pas assez directement soumises à la double influence de l'oxygène de l'air et de la chaleur pour germer; et peuvent se conserver ainsi parfois très-longtemps; que les graines légères sont transportées par les vents à des distances considérables, et qu'enfin toutes les essences ne sont pas également fécondes et ne produisent pas la même quantité de semences chaque année. En outre, quand un incendie dévaste une forêt, les graines disséminées à la superficie du sol, c'est-à-dire les plus récentes sont à peu près brûlées en totalité, et il n'échappe à

cette action destructive que les semences plus ou moins recouvertes par les feuilles ou autres détritus végétaux.

Or, comme les graines superficielles brûlées sont produites par l'essence dominante, au moment du sinistre, leur incinération empêche naturellement la production des jeunes plants de cette espèce, et on comprend ainsi comment, après un incendie, l'essence dominante disparaît, et se trouve remplacée par une autre.

Il en résulte donc qu'après sa destruction par le feu, ou à la suite d'une coupe à blanc étoc, tout massif boisé en essence d'ombre ne peut se repeupler qu'en essence de lumière, soit parce que les anciennes graines ne germent pas, ou que les jeunes plants ne peuvent vivre sans abri. Un massif d'essence de lumière se repeuple, après un incendie, en essence de lumière mais d'espèces différentes, parce que les graines déposées sur le sol sont le plus souvent détruites par le feu ; par contre après une coupe à blanc étoc, l'ancienne essence peut reparaître, plus ou moins mélangée avec diverses essences de lumière, dont les jeunes plants prospèrent sans abri, et dont les grains sont transportés et disséminés par les vents (1). Quelquefois enfin des cantons se regarnissent par suite de la germination des graines lourdes, conservées longtemps sous les feuilles, et provenant d'arbres ayant existé antérieurement.

Plus une forêt est ancienne et à couvert serré et complet, plus le changement d'essence forme un contraste frappant, et devient facile à expliquer par les lois naturelles. Dans toutes ces alternances ou successions d'essence, il n'y a donc rien qui se rattache à l'influence ou à l'épuisement du sol, et les mêmes causes suffisent pour expliquer complètement les modifications et les envahissements des essences dans un massif existant.

Dans une futaie mélangée de chênes et de hêtres, cette dernière essence aura toujours une tendance marquée à se propager dans les cantons où le couvert épais favorise la croissance du hêtre et fait périr le chêne ; celui-ci au contraire envahira les cantons clairs, où un léger couvert ne nuit pas à son développement, tandis que le soleil empêche

(1) C'est ainsi qu'en Amérique, d'après Mackensie, lorsqu'une forêt de chênes ou de sapins est détruite par un incendie, elle est remplacée par une forêt de peupliers, bien que cette essence n'existât pas dans la forêt, avant l'incendie.

la propagation du hêtre. Ces deux phénomènes sont le résultat d'un traitement mal approprié à la forêt, de coupes mal faites (1), ou assises sans qu'on ait tenu compte des intermittences de la fructification des arbres. Il en serait de même d'une éclaircie trop forte pratiquée, par exemple, dans un perchis de hêtres ou de sapins ; une exploitation de cette nature aurait le plus souvent pour résultat d'introduire dans le massif les pins, trembles ou bouleaux, dont les graines sont transportées par les vents, et ces essences se propageraient ensuite dans les peuplements trop éclaircis.

Le traitement en futaie des forêts à essence unique n'est donc que le résultat d'une culture artificielle ; un pareil état est factice. Difficile à obtenir en principe, il ne peut se perpétuer que par des soins minutieux et assidus, parce que la moindre erreur ou le moindre accident a pour conséquence de modifier la composition des massifs, à moins d'avoir incessamment recours aux repeuplements artificiels, qui paraissent le corollaire obligé des aménagements des forêts de l'espèce.

Ce mode de traitement des futaies, difficile et délicat, ne pourrait donc trouver sa justification, que s'il s'agissait de conserver des massifs forestiers peuplés en essences rares ou indispensables ; le chêne, au point de vue des besoins de la marine, pourrait seul être dans ce cas.

Le type de la forêt naturelle est donc celle qui est formée du mélange de deux ou plusieurs essences principales, susceptibles de se succéder et de se remplacer alternativement.

L'alternance des arbres sur un même point paraît être aussi une loi naturelle, avec cette réserve que les jeunes brins de semences, destinés à remplacer chaque pied, semblent ne pouvoir se développer que suivant la projection de la circonférence des houppiers, attendu que au point précis où se trouve un tronc, il est impossible qu'un jeune sujet de la même essence puisse s'y fixer et y croître.

A chaque exploitation, il s'établit donc une véritable rota-

(1) La mauvaise orientation d'une coupe en montagne peut avoir pour résultat d'y faire périr, par la gelée, tous les jeunes plants de chêne, et le sol peut ensuite se regarnir en toute autre essence dont les graines sont transportées par le vent, sans que l'épuisement du sol ait influé en rien sur cette substitution d'essence.

tion des arbres entre eux, relativement à leur emplacement ; cette mutation est en réalité très-favorable à leur végétation, soit par rapport à la fertilité des couches inférieures du sol moins épuisées, soit parce que les vieilles souches ont ainsi le temps de se décomposer complètement.

Dans les forêts mélangées, chaque essence peut mieux s'adapter aux conditions particulières de terrain, de situation et d'exposition des régions montagneuses. Les essences, dont le mélange est le plus favorable à l'amélioration des massifs, ne sont pas celles qui s'égalisent le mieux dans leur croissance, mais celles dont les conditions de régénération sont presque identiques, et dont les jeunes plants exigent à peu près le même traitement.

Par leur variété, les feuilles des massifs mélangés doivent fertiliser davantage le terrain, en y restituant des produits divers, dont la réunion constitue une condition très-favorable pour la production du sol et la bonne végétation des bois. En outre, comme chaque espèce végétale a besoin d'une température différente pour fleurir, il en résulte que, dans les forêts mélangées, tous les arbres ne pouvant pas rencontrer chaque année des circonstances contraires à la production des graines, il y en a toujours quelques-uns qui donnent de bonnes semences. Cette condition, très-avantageuse pour l'entretien des massifs, fait défaut dans les bois peuplés d'une essence unique.

Les massifs homogènes ne peuvent d'ailleurs se former que pour un temps limité, avec des essences d'ombre à feuillage touffu, et dont les jeunes plants peuvent se maintenir sous un couvert épais ; le hêtre et le sapin sont dans ce cas. Ces deux essences se marient d'ailleurs très-bien, en s'alternant par place, parce que leurs jeunes plants, se développant partout sous le couvert, garnissent les moindres vides qui se produisent.

Les arbres de lumière forment rarement des massifs homogènes ; il faut excepter cependant les essences résineuses, parce que leur fructification abondante et la dissémination facile de leur semence assure le repeuplement complet des coupes.

Dans l'alternance des arbres en massif, une essence d'ombre remplace en général une essence de lumière, lorsque cette évolution s'effectue lentement, peu a peu et dans un

peuplement complet; par contre, une essence de lumière succède presque toujours à une essence d'ombre, lorsque à la suite d'une circonstance quelconque, le massif est subitement détruit, ou exploité rapidement et en totalité.

Les massifs mélangés d'arbres d'ombre et d'arbres de lumière, quoique paraissant présenter certaines difficultés, en ce qui concerne le règlement des exploitations, réunissent cependant souvent, au point de vue des lois naturelles, de bonnes conditions de régénération et de durée. Quel que soit en effet l'état du peuplement et la nature des coupes assises, on est toujours à peu près certain d'avoir le terrain regarni, et on traite ensuite les jeunes bois, suivant le tempérament de l'essence la plus précieuse ou la plus délicate.

Un peuplement de hêtres et de pins sylvestres donne généralement, de bons résultats, en ce sens que les résineux garnissent les vides où le hêtre ne pourrait pas réussir à découvert, et que celui-ci peut à son tour se régénérer sous le couvert des pins. Dans les forêts de l'espèce, où le sol s'améliore et où la végétation est en général vigoureuse, on doit éviter que l'une des deux essences ne domine et ne chasse l'autre.

Le mélange du chêne et du hêtre est assez avantageux, surtout parce que ce dernier améliore le sol ; mais comme ces deux arbres ont un tempérament tout à fait différent, il faut que le forestier veille attentivement à ce que l'une des essences n'étouffe pas l'autre.

La réunion du chêne et du pin est principalement favorable au repeuplement et au développement du chêne, qui trouve dans le pin une essence fertilisante dont le léger couvert est plutôt utile que nuisible. Comme le chêne est un arbre épuisant, recherchant les sols fertiles et frais, il s'accommode très-bien de tous les peuplements qui peuvent lui procurer ces conditions, tant que le couvert des essences auxiliaires ne devient pas préjudiciable à sa régénération.

Dans le choix des végétaux à introduire en mélange dans les massifs, il est bon de tenir compte de la nature de l'enracinement superficiel ou profond et de la rapidité de la croissance de chaque essence, afin de ne pas associer deux espèces d'arbres qui ne pourraient pas se développer, en se prêtant un mutuel appui.

Le mélange et l'alternance des essences dans les massifs

sont donc l'application d'une loi naturelle, qui n'a rien d'absolu au point de vue de la nature du terrain, et dont les effets sont d'assurer la fertilité croissante du sol. En outre, comme cet état de choses n'offre que des avantages par rapport aux opérations forestières; qu'il diminue les chances de multiplication des maladies et des insectes nuisibles; que la production annuelle d'une certaine variété de fruits ou semences est toujours très-profitable pour tous les animaux, on est bien forcé d'en conclure que les forêts à essences mélangées réunissent les meilleures conditions, en ce qui concerne la conservation et l'amélioration des massifs boisés.

CHAPITRE II

De la création des massifs d'arbres. Reboisement.

Section I. — Des Repeuplements artificiels en général.

Le boisement, c'est-à-dire l'introduction de végétaux ligneux sur un terrain qui en est dépourvu, peut s'effectuer soit par les seules forces de la nature, ou bien par des travaux effectués de main d'homme. Dans ce dernier cas, le sol est boisé ou reboisé par voie de repeuplement artificiel; ce terme comprend tous les travaux de semis, plantation, bouturage, marcottage, etc., au moyen desquels on introduit, transplante, cultive ou propage de main d'homme des végétaux ligneux, sur des terrains où ils ne se développaient pas naturellement.

La première question à résoudre, relativement à ces travaux, se rapporte à la détermination des essences à employer; à cet égard, le plus sage est de suivre les leçons et les enseignements de la nature elle-même. Le mieux sera donc de se conformer aux indications locales, en choisissant les végétaux croissants sur les terrains à regarnir, s'il en

existe, ou sur les terrains voisins de même qualité (1). En suivant cette marche, on est à peu près certain de se trouver dans des conditions naturelles de réussite.

Ce n'est qu'en l'absence de toute indication de l'espèce, ou bien lorsqu'il s'agit de créer un nouveau peuplement d'abri ou de transition, qu'il y aura lieu d'employer une essence étrangère à la localité. Dans ce cas, on devra étudier avec soin toutes les questions relatives au climat, à la situation, à l'exposition et à la nature du terrain à repeupler, afin de mettre les jeunes sujets dans les meilleures conditions de végétation.

Avant d'examiner spécialement et en détail les différents modes des repeuplements artificiels, il importe d'être fixé sur les diverses circonstances qui peuvent les faire préférer, et les conditions dans lesquelles on peut espérer la réussite de ces travaux.

Les repeuplements artificiels sont en général employés, soit en vue de boiser des terrains complètement dénudés, soit pour repeupler des vides, plus ou moins grands, restés dégarnis après l'exploitation des bois. Pour les petites surfaces, surtout lorsqu'elles sont situées au milieu d'un massif boisé, la plantation est en général préférable ; mais pour les travaux étendus, dans lesquels les semis et les plantations peuvent être également employés, on hésite parfois sur le choix du procédé auquel on doit donner la préférence.

D'après M. Demontzey (2) « on ne peut formuler aucune règle absolue concernant la préférence à accorder soit au « semis, soit à la plantation, et le choix de l'un de ces deux « modes varie avec la nature des essences employées, et les « diverses conditions que peuvent présenter le sol et le climat du terrain à reboiser. » En effet, comme le dit ce même auteur (3), « dans une question où les éléments principaux dépendent de conditions aussi variables que le « climat local d'un lieu, la nature minéralogique du sol à reboiser, l'état de la superficie, la déclivité des pentes, et « enfin le tempérament et les exigences des essences adoptées, il peut se présenter un nombre très-considérable de

(1) Il faut semer ou planter ce qui vient le mieux dans le pays. (*Les études de maître Pierre*, par M. Antonin Rousset).

(2) (3) Voir *Etudes sur les travaux de reboisement et de gazonnement des montagnes*, par M. Demontzey, conservateur des forêts.

« solutions, qui tantôt seront à l'avantage des semis sur la « plantation, tantôt seront diamétralement opposées, tantôt « enfin sensiblement identiques. » Il ajoute enfin (1) « que, « dans les reboisements en montagne, le semis des essences « feuillues en général ne donne aucun avantage, à l'excep- « tion du chêne rouvre et du châtaignier, ainsi que de cer- « taines essences non résineuses à feuilles persistantes. »

Le choix du mode de repeuplement dépendra donc des circonstances locales, des essences employées et du prix de la main d'œuvre, des graines et des plants.

Néanmoins, lorsque le terrain à boiser présente une couche de terre fertile, garnie de quelques plantes, herbes ou arbustes, on peut le plus souvent procéder indistinctement par voie de semis ou de plantation. Mais si le sol est complètement dénudé, sans humus, il est alors presque toujours préférable d'employer la plantation, parce que le défoncement de la couche superficielle permet quelquefois aux jeunes plants de se développer, là où des graines n'auraient peut-être pas germé.

Si on emploie des essences à racines pivotantes et peu ramifiées (2), le semis est alors préférable à la plantation, à cause de la difficulté que présente la reprise des plants de l'espèce. Enfin dans les terrains secs et aux expositions chaudes, les plantations réussissent parfois mieux que les semis.

En règle générale, dans les opérations relatives au reboisement des montagnes, et principalement lorsqu'il s'agit de boiser des terrains nus et ravinés, il faut bien se garder de croire à la possibilité de créer immédiatement une forêt. Les premiers travaux de l'espèce ne peuvent, en effet, avoir le plus souvent pour résultat ou pour objet, que de reconstituer, au moyen d'une essence de transition, un sol fertile, sur lequel pourra ensuite se développer une vigoureuse végétation ligneuse.

---

(1) Voir *Etudes sur les travaux de reboisement et de gazonnement des montagnes,* par M. DEMONTZEY, conservateur des forêts.

(2) Les essences de cette catégorie sont le chêne rouvre, le chêne vert, le chêne liége, le caroubier, le pin maritime, etc.

Section II. — Semis artificiels.

Dans les localités où le climat est plutôt humide que sec, les semis réussissent en général assez bien ; mais les travaux de l'espèce ont néanmoins besoin d'être étudiés à divers points de vue, pour que leur réussite soit tout-à-fait assurée.

§ 1. — *Choix des Essences.*

A défaut d'indications plus précises (1), provenant de l'existence de quelques arbres sur les terrains à boiser ou sur ceux environnants, et quoique le choix des essences à semer doive toujours être subordonné à la nature du sol, à sa situation et à son exposition (2), comme les semis artificiels s'effectuent, en général, sur des terrains découverts, on ne peut par conséquent choisir pour ce travail que des essences de lumière, parce que un massif d'arbres d'ombre ne peut ordinairement se créer, par voie de semis, que sous le couvert ou l'abri d'arbres préexistants.

Si cependant le sol était garni d'herbes, de broussailles, genêts, etc., susceptibles de fournir un léger abri aux jeunes plants, on pourrait alors, suivant les circonstances, employer, dans une certaine proportion, une essence d'ombre. On mélange aussi quelques fois, dans les semis, une essence d'ombre avec une essence de lumière à croissance très-rapide, parce que cette dernière est alors considérée comme une essence transitoire, et uniquement destinée à permettre l'introduction et la réussite d'une essence plus précieuse (3).

---

(1) Voir page 285.

(2) M. Demontzey (*Etudes sur les travaux de reboisement*) indique, pour la région méditerranéenne, et comme devant être spécialement employées en semis les esssences suivantes : le pin maritime, le chêne vert, le chêne liége, le caroubier, le pin d'Alep et le pin pinier; pour la région tempérée, les essences à semer sont le chêne rouvre, le châtaignier et le pin laricio. Dans les régions froides l'épicéa, le mélèze et le pin cembro doivent aussi être propagées par voie de semis.

(3) Les semis mélangés de graines de pin maritime et de glands assurent la réussite du chêne dans les terrains sablonneux, où les jeunes plants de cette essence ne pourraient pas se maintenir sans abri, à cause des gelées ou de la sécheresse du terrain. Lorsque les chênes sont un peu forts, on enlève alors les pins maritimes dont le couvert entraverait leur croissance.

§ 2. — *Choix des graines.*

Les recherches de M. G. Villes ont démontré que les belles semences, les grosses graines produisaient toujours des plantes plus fortes, plus vigoureuses, des fleurs plus amples et une meilleure récolte, que les graines moyennes ou petites ; on sait aussi par expérience que les graines fraîches donnent seules une bonne réussite. Si on réfléchit en outre que la fleuraison, la fécondation et la maturation uniformes et régulières sont les seules conditions qui puissent assurer les bonnes qualités des semences, on sera convaincu que les meilleures graines sont celles fournies par les contrées à climat uniforme et à terrain fertile.

On devra toujours employer, autant que possible, des graines fraîches de l'année, parce qu'elles germent plus facilement que celles conservées (1).

Quand on est obligé de semer de ces deux qualités de graines, il convient de placer les graines les plus vieilles dans les meilleures conditions, afin d'en faciliter la réussite, attendu que les semences fraîches germent toujours, même dans des terrains médiocres, ou mal préparés. Lorsque des graines, comme les glands, faines, châtaignes, etc., ont déjà émis leur germe pendant l'hiver, il est assez avantageux de les mettre en terre sans briser ce jeune organe, parce que cette première formation est faite aux dépens des substances accumulées dans les tissus, et qu'en cas d'émission d'un nouveau germe, l'appauvrissement qui en résulte pour la graine peut diminuer la vigueur et la croissance du jeune plant.

§ 3. *Epoque des semis.*

L'époque normale des semis de chaque essence est nettement indiquée par la maturation et la dissémination naturelle des graines ; aussi doit-on, dans la pratique, chercher à se rapprocher autant que possible des conditions indiquées par la nature.

(1) Les graines de deux ans ne doivent être que très rarement employées à cause de leur faible réussite.

Les semis d'automne donnent en général de très-bons résultats, surtout parce qu'ils sont ordinairement effectués avec des graines fraîches de l'année, ce qui assure leur réussite ; d'un autre côté les plants en provenant, plus vigoureux et bien lignifiés, peuvent mieux résister à la chaleur et au froid. Mais il faut, dans ce cas, employer une plus grande quantité de semence, afin de compenser le danger auquel sont exposées les graines mises en terre, d'être dévorées pendant l'hiver par les insectes et les animaux (1), ce qui compromet parfois la réussite de ces travaux.

Dans les pays de montagne, les orages et les pluies d'automne et d'hiver bouleversent parfois le sol et les terres, et les graines risquent, surtout dans les pentes, d'être entraînées par les eaux, ce qui oblige alors à recommencer en partie les semis effectués.

Ces inconvénients n'existent pas pour les semis de printemps. A cette époque il faut, il est vrai, semer de la graine d'un an conservée, et dont la faculté germinative est un peu diminuée, mais rien ne contrarie la sortie du jeune plant. Toutefois ceux dont la végétation n'est pas bien vigoureuse sont parfois détruits par les chaleurs de l'été ou les gelées de l'hiver.

L'époque des semis doit donc varier suivant le climat (2),

---

(1) On peut obvier en partie à cet inconvénient en imprégnant les graines d'une substance amère ou fétide, telle qu'une dissolution d'aloès, ou de goudron dissout dans l'eau et mélangé de vitriol bleu, ce qui écarte les insectes et les oiseaux. MM. Tronchon frères, à Orléans, trempent, à cet effet, leurs graines à coque dure dans du minium afin de les mettre à l'abri des ravages des animaux, et ce procédé paraît donner de bons résultats, sans nuire à la faculté germinative des semences.

(2) Les semis a la volée sur la neige donnent parfois de bons résultats, mais ils ne peuvent réussir que sur les montagnes élevées, où la végétation se manifeste, et prend son essor complet, immédiatement après la fonte des neiges. Les graines ainsi répandues, traversent peu à peu la couche de neige, à moins qu'elle ne soit glacée, et arrivent jusqu'au sol, où elles trouvent de l'humidité, de l'air, une chaleur relative et un abri contre les animaux. Au printemps, après la fonte des neiges, ces graines germent immédiatement sous l'influence de la chaleur, et le plants s'enracine facilement dans la terre humide et perméable. Lorsque la neige, au lieu de se maintenir tout l'hiver, est intermittente, ou bien si sa superficie est glacée, ou encore si la terre découverte est gelée, les chances de réussite de ce mode de semis disparaissent, parce que les semences sont alors exposées à être détruites par le froid au moment de leur germination, ou dévorées par les animaux.

la situation des terrains et la chaleur nécessaire au jeune plant pour lignifier complètement sa tige. Les plantes les plus exigeantes doivent être semées à l'automne, et celles dont la végétation est plus vigoureuse pourront n'être mises en terre qu'au printemps, suivant les chances de conservation des graines. Néanmoins, le printemps paraît être, en général, la saison la plus convenable pour les semis (1), surtout lorsque ces travaux peuvent être effectués de bonne heure, et à un moment opportun.

§ 4. *Préparation du terrain.*

Le mode de préparation du terrain pour les semis artificiels a une très-grande importance sur la réussite de ces travaux. Sous ce rapport, les semis de printemps sont préférables, parce que après un défoncement opéré en hiver, la terre, soit par l'effet de la pluie, de la neige, ou de la gelée, se trouve dans d'excellentes conditions de division et de fraîcheur.

Quel que soit le semis, la meilleure préparation du sol consiste en un bon et profond défoncement, afin de permettre aux racines des jeunes plants de s'enfoncer et de se développer à l'abri du froid et de la sécheresse ; on assure ainsi la réussite presque complète des graines semées.

Cette pratique, d'autant plus importante que le climat est plus chaud et le terrain plus sec, est inapplicable dans les terrains humides, marécageux ou tourbeux, en général peu favorables à la réussite des semis. Ces terrains s'échauffent en effet difficilement, parce que toute la chaleur reçue est employée à l'évaporation de l'excès de liquide dont le sol est saturé ; d'un autre côté, la décomposition des matières organiques carbonées absorbe l'oxygène de l'air ou de l'eau, de telle sorte que les sols de l'espèce réunissent l'inverse de

(1) L'époque précise des semis peut avoir une importance qu'il serait utile de contrôler et de vérifier. D'après une expérience relatée par M. H. de Parville, toutes les graines semées à la nouvelle lune ont mieux réussi que celles semées en pleine lune : il explique cette différence par l'action de la lumière lunaire (lumière solaire réfléchie) qui. à la pleine lune, favoriserait ou faciliterait le travail de la germination pendant la nuit, ce qui n'a pas lieu au décours de cet astre.

toutes les conditions nécessaires à la germination des semences. Il faut alors creuser des fossés d'assainissement pour l'écoulement des eaux, ou bien relever la terre en butte afin de fournir ainsi aux jeunes plants un terrain sec, perméable et favorable à leur développement.

Dans les terrains rocheux ou pierreux, il est souvent avantageux de laisser les pierres à la surface du sol, pour y maintenir une légère fraîcheur très-favorable à la germination des semences.

§ 5. — *Exécution des semis.*

Le bon résultat des semis dépend en général beaucoup de la manière dont ces travaux sont exécutés. Les graines, simplement disséminées à la surface du sol, germent dès qu'elles ont absorbé l'humidité nécessaire au gonflement de leur tissus ; tel est le procédé de la nature qui, pour assurer la propagation des végétaux, répand les graines avec une profusion sans égale. Dans les semis artificiels, comme on ne pourrait pas, sans frais exagérés, imiter la générosité de la nature, on a imaginé d'enterrer les graines pour les placer dans des conditions très-favorables à leur germination, les mettre à l'abri des ravages des animaux, et réaliser ainsi le plus d'économie possible dans leur emploi.

La profondeur à laquelle les diverses semences doivent être enterrées, c'est-à-dire l'épaisseur de la couche de terre dont il convient de les recouvrir, dépend d'abord de la nature du terrain, de sa situation et de son exposition, et varie en outre suivant les espèces de graines (1). Trop profondément enterrées, les graines ne lèvent pas parce qu'elles sont privées d'air, et placées trop superficiellement elles peuvent ne pas germer faute d'humidité ; il faut donc, autant que possible, éviter ce double inconvénient.

---

(1) Il serait facile de s'assurer, par une expérience directe, qu'en enterrant convenablement les graines, on augmente considérablement les chances de leur réussite et de leur germination, comparativement aux semences simplement disséminées sur le sol. On pourrait ainsi déterminer, assez exactement, pour chaque nature de terrain et pour chaque essence, l'épaisseur de la couche de terre la plus convenakle pour assurer la réussite des semis artificiels.

La nature semble donner à cet égard certaines indications, soit par le mode de dissémination des graines, soit par l'époque de leur chute, avant ou après celle des feuilles ; l'épaisseur de la couche de feuilles mortes qui, dans ce dernier cas, les recouvre peut, jusqu'à un certain, point servir de guide, relativement au tempérament des semences, et à leur besoin d'être abritées pour leur conservation, ou leur germination. Mais, dans tous les cas, et quoique en se conformant à ces données générales, il sera toujours bon de tenir compte des circonstances spéciales de terrain et de climat.

Les jardiniers recouvrent habituellement les graines d'une couche de terre végétale égale à l'épaisseur du plus grand diamètre (longueur ou épaisseur) de la semence ; cette règle peut être généralement suivie dans les conditions ordinaires de la pratique, et pour une terre meuble.

Voici d'ailleurs, d'après les expériences de M. le docteur Baur, l'épaisseur moyenne de terre dont il faut recouvrir les graines, pour assurer leur germination dans un terrain de compacité moyenne.

Chêne, (1)	minimum	2	cent.	maximum	6	cent.	moyenne	4	cent.
Hêtre	»	1	»	»	4	»	»	2	»
Erable	»	1	»	»	2	»	»	1	»
Robinier	»	3	»	»	5	»	»	4	»
Aune	»	1	»	»	»	»	»	1	»
Pin	»	1	»	»	1 1/2	»	»	1/2	»
Epicéa	»	1	»	»	1 1/2	»	»	1/2	»
Sapin	»	1/2	»	»	1	»	»	1/2	»

On voit donc que les graines grosses et lourdes s'enterrent plus profondément que les graines petites et légères; l'épaisseur de la couche de terre devrait même être augmentée dans les terrains sablonneux et légers, et par la même raison être diminuée dans les terres fortes et argileuses. En recouvrant les semences on doit, autant que possible, mettre d'abord le terreau ou la terre fine et légère, et laisser les pierres à la surface du sol.

(1) On facilite la réussite des glands en les recouvrant d'une pierre plate un peu large, qui conserve la fraîcheur du sol et empêche souvent les graines d'être dévorées par les animaux.

§ 6. — *Quantité de graines à semer.*

Les quantités moyennes de semences de chaque essence à employer pour les semis artificiels varient suivant leur poids, leur grosseur et leur capacité germinative, ainsi que d'après le mode de culture et de préparation du sol. Dans le semis complet d'un hectare (semis en plein, ou à la volée), si on voulait disséminer les semences de manière à les placer en moyenne à 1 centimètre de distance les unes des autres, il faudrait répandre 100,000,000 de graines ; placées à 5 centimètres environ de distance, il n'en faut plus que 4,000,000 ; à 10 centimètres d'espacement 1,000,000 de graines suffisent, et si enfin on se contente d'une distance de 20 centimètres entre chaqu'une d'elles, on n'en emploiera que 250,000 par hectare.

Dans les semis partiels, bandes ou trous, les quantités de graines employées varient également beaucoup. Dans les bandes on pourra répandre 250 à 300 graines fines par mètre courant, et seulement de 40 à 60, si on emploie de grosses semences ; pour les trous, on les garnit convenablement, suivant leurs dimensions, avec 5 à 7 grosses graines, tandis qu'on en met 20 à 25 lorsqu'elles sont petites. Lorsque le trou est très-grand cette quantité doit être augmentée.

Comme toutes les graines mises en terre ne germent pas, on doit aussi tenir compte du déchet normal, provenant des graines vaines ; la proportion de ce déchet peut être établie, pour chaque qualité de graines, par des expériences directes de germination hâtive.

Le terrain à ensemencer peut être cultivé (labouré ou bêché) en entier, ou seulement en partie ; dans ce dernier cas, on prépare le sol en défonçant des bandes plus ou moins espacées, continues, interrompues, alternes, etc., ou par trous diversement disposés et éloignés, mais toujours distribués de manière à ce que la surface entière se trouve suffisamment garnie de jeunes plants, après les semis.

Dans un semis en plein, on emploie le maximum de graines par hectare, suivant l'espacement que l'on a l'intention de laisser entre les jeunes sujets ; mais dans les semis partiels, il faut calculer la proportion de semence à disséminer

suivant la superficie réellement cultivée, et la manière de distribuer les graines.

Dans le cas de semis partiel, on peut calculer seulement la superficie défoncée, et ajouter ensuite à la quantité de graine proportionnellement correspondante, 1/4 en sus, parce que il faut effectuer les semis partiels un peu plus drus, afin d'éviter tout mécompte. On peut aussi déterminer la quantité de graines à répandre par chaque trou, ou par mètre courant de bande, et évaluer ainsi, suivant le travail, la quantité de semence nécessaire par hectare.

Les quantités de graines à semer peuvent être évaluées au poids ou au volume. Si on pèse les semences, on peut avoir, pour un même poids, un nombre de graines bien différent, parce que, suivant les récoltes, celles-ci peuvent être plus ou moins lourdes ou légères ; si on les mesure, la même différence peut résulter de leurs dimensions. On comprend donc que les indications de poids et de mesures ne sont jamais qu'approximatives, et que la détermination de la quantité de graines à employer, pour un semis, doit avoir lieu d'après la qualité même de ces semences.

Voici, à titre de renseignement, et pour les essences principales, les quantités de graines que l'on peut employer, dans des conditions ordinaires pour le semis en plein d'une hectare de terrain. En connaissant l'espacement réservé à chaque plant, c'est-à-dire le nombre de graines à germer, le déficit pour semences vaines, le nombre de graines par kilogramme (1), ou par litre, il devient très-facile de déterminer, pour chaque nature de travail, la quantité de semence qu'il est nécessaire d'employer.

---

(1) En comptant une petite quantité de graines pesées avec soin, on obtient un chiffre d'une approximation très suffisante pour ces calculs.

NOMS des ESSENCES.	NOMBRE MOYEN DES GRAINES de qualité ordinre contenues dans un kilogramme.	QUANTITÉ MOYENNE de graines à employer par *hectare* pour un *semis en plein et serré.*		NOMBRE correspondant de graines semées par hectare, pour un semis en plein.	DÉFICIT moyen résutant de la non-germinaton des graines vaines.	NOMBRE TOTAL de bonnes graines restant a germer par hectare.	DISTANCE moyenne des plants après la réussite du semis.
		Kilogrammes.	Litres.				
Aune	900 000	15	450	14 000 000	75 p. °/o	3 500 000	0m 056mm
Bouleau	1 500 000	33	330	50 000 000	90 p. °/o	5 000 000	0 045
Charme	100 000	40	95	4 000 000	40 p. °/o	2 400 000	0 059
Châtaignier	400	750	1500	300 000	15 p. °/o	255 000	0 200
Chêne	400	750	1500	300 000	15 p. °/o	255 000	0 200
Épicéa	125 000	12	30	1 400 000	25 p. °/o	1 050 000	0 097
Érable	250 000	28	230	7 000 000	40 p. °/o	4 200 000	0 049
Frêne	300 000	23	130	7 000 000	40 p. °/o	4 200 000	0 049
Hêtre	900	320	900	300 000	15 p. °/o	255 000	0 200
Mélèze	60 000	50	110	3 000 000	65 p. °/o	1 050 000	0 097
Orme	500 000	20	500	10 000 000	60 p. °/o	4 000 000	0 050
Pin d'Alep	55 000	26	52	1 300 000	20 p. °/o	1 040 000	0 098
Pin laricio	70 000	18	40	1 300 000	20 p. °/o	1 040 000	0 098
Pin maritime	25 000	50	100	1 300 000	20 p. °/o	1 040 000	0 098
Pin sylvestre	140 000	10	22	1 400 000	25 p. °/o	1 050 000	0 097
Pin Weymout	60 000	23	50	1 400 000	25 p. °/o	1 050 000	0 097
Robinier	125 000	20	330	2 500 000	15 p. °/o	2 125 000	0 064
Sapin	20 000	75	200	1 500 000	30 p. °/o	1 050 0000	0 097

Section III. — Plantations.

A. *Arbres en massif. — Plants de haute et basse tige.*

§ 1. *Considérations générales. — Choix des plants.*

Les repeuplements artificiels par voie de plantation s'effectuent soit pour gagner du temps, soit pour compléter un massif déjà constitué, soit pour éviter les dangers et accidents particuliers auxquels les semis peuvent être exposés, ou bien encore par un motif d'économie.

On doit planter, en général, les essences dont les racines sont ramifiées, bien garnies de chevelu, mais sans que le pivot soit trop allongé, parce qu'elles présentent alors plus de chances de reprise (1). Les essences de lumière, ordinairement employées pour les semis, réussissent également bien pour les plantations en haute et basse tige ; quant aux essences d'ombre, elles ne peuvent être employées qu'en plants de haute tige, c'est-à-dire âgés de 3 à 4 ans, et susceptibles de se passer d'abri.

Comme on a vu que l'influence du milieu se fait sentir sur le rôle physiologique des racines (2), on devra chercher à mettre, autant que possible, les jeunes plants dans des conditions semblables à celles des terrains où ces organes se sont développés ; d'un autre côté, comme la vigueur des plants est une condition de la réussite de ces travaux, il sera toujours préférable d'employer des sujets vigoureux, venus dans un bon sol, plutôt que ceux provenant d'un terrain maigre. Les premiers, ayant leurs racines bien développées, trouveront facilement les éléments nécessaires à leur végétation, même dans un sol médiocre, où les autres pourraient dépérir. Un défoncement profond du terrain aidera d'ailleurs toujours considérablement au succès des plantations.

On peut, pour ces travaux, admettre comme un axiome, ainsi que l'a dit M. Demontzey, que, pour une même essence, une plantation est d'autant plus assurée que les plants employés sont plus jeunes.

---

(1) Les essences les plus favorables pour la plantation sont l'épicea, le pin d'Alep, le pin pinier, le pin maritime, le cèdre, le robinier, l'érable, l'orme, l'aune, le bouleau, le charme, le hêtre et le sapin, etc.

(2) Voir page 73 et suivantes.

Le principal avantage des repeuplements par voie de plantation, provient surtout de la facilité d'établir des pépinières dans des conditions avantageuses et économiques; les plants reviennent alors à un prix très-minimes. Lorsque les frais de main d'œuvre ne sont pas trop élevés, la dépense d'un repeuplement par voie de plantation est alors parfois inférieure à celle des semis, tout en donnant des résultats plus rapides et souvent plus assurés, surtout dans les pays chauds et les terrains secs.

§ 2. — *Temps et Epoques des plantations.*

Un temps humide et brumeux présente les conditions les plus favorables pour les plantations, soit parce qu'il préserve les racines du hâle et du desséchement, pendant leur exposition à l'air, soit parce que le ralentissement de l'évaporation des feuilles empêche la rupture d'équilibre entre les fonctions de ces organes et l'absorption momentanément suspendue des racines.

Lorsque les arbres sont dépouillés de leurs feuilles, ce dernier inconvénient disparaît. On comprend alors que les meilleures saisons pour effectuer les plantations sont l'automne et une partie de l'hiver, jusqu'au moment où les bourgeons se gonflent, parce que à cette époque les radicelles et les poils radiculaires des racines commencent à se développer (1).

Après l'arrêt de la végétation, pendant l'hiver, et avant l'émission ou l'ouverture des bourgeons, les transplantations peuvent s'effectuer à peu près sans danger pour les jeunes sujets, dont la reprise est alors presque certaine, parce que, sous l'influence de la chaleur et de l'humidité du sol, les racines préparent, avant l'épanouissement des feuilles, les radicelles nouvelles qui faciliteront au printemps la reprise de la circulation. Lorsque la végétation est commencée, et que les feuilles sont en partie développées, les racines sont par conséquent en pleine activité ; dans ces conditions, les transplantations deviennent difficiles, parce que l'exposition de ces organes à l'air peut d'une part faire flétrir les poils radiculaires, tandis que l'évaporation qui se continue dans les feuilles

(1) Voir *Organisation et fonctions des racines*, pages 73 et suivantes.

peut, en outre, priver ces organes de l'humidité nécessaire à leur fonctionnement.

Or, comme la mort du végétal est la conséquence à peu près certaine de ce double fait, puisque d'un côté les feuilles ne pourraient plus évaporer, respirer, ni élaborer les sucs végétaux, et que d'autre part les racines ne pourraient pas absorber dans le sol l'humidité nécessaire à ces fonctions, on comprend l'importance des précautions minutieuses à employer, dans les transplantations tardives, pour conserver et assurer la reprise des jeunes sujets (1).

La transplantation des jeunes plants d'arbres résineux et de quelques autres essences à feuilles persistantes réussit assez bien en toutes saisons, avec des précautions convenables ; ces jeunes brins paraissent reprendre plus facilement lorsque la plantation a lieu au commencement du printemps, c'est-à-dire un peu avant la reprise de la végétation. Cela tient à ce que les feuilles de ces arbres étant constamment en fonction, et ces végétaux ne pouvant être privés de ces organes sans périr, leur transplantation doit, par suite, nécessairement s'effectuer pendant que la sève est encore en mouvement, et que les racines sont en activité, afin que ces organes puissent fournir, sans interruption, aux feuilles, le liquide nécessaire pour l'entretien de l'évaporation. Dans ces conditions, et tout en tenant compte du climat et de la nature du sol, l'exécution de toutes les précautions, destinées à garantir les racines de l'influence desséchante de l'air et du soleil, est donc encore plus indispensable pour la transplantation des arbres résineux et à feuilles persistantes que pour les autres.

On réussit d'ailleurs mieux dans ces travaux, lorsque les plantations sont effectuées au commencement ou à la fin de la période végétative, c'est-à-dire à l'entrée du printemps et vers la fin de l'automne (2), et que les terrains, bien préparés, sont frais ou arrosés.

---

(1) Dans la Haute-Savoie, à Evian, on transplante la vigne seulement lorsque les jeunes plants sont en pleine végétation, et cette pratique usuelle, dont on ignore les détails, est toujours suivi de la reprise complète des sujets.

(2) Les pépinièristes font quelques fois le repiquage de plants d'essences résineuses à la fin du mois d'août, ou au commencement du mois de septembre ; ils profitent ainsi du repos de la végétation produit par les chaleurs de l'été, et de la seconde végétation qui s'effectue lors des premières pluies. Ce

§ 3. — *Exécution des travaux de plantation.*

Les travaux de plantation comprennent trois séries principales d'opérations, savoir : l'arrachis, le transport et la mise en terre des plants.

Comme l'absorption des racines ne s'effectue que par l'extrémité de ces organes, on devra, en arrachant les jeunes plants, ménager autant que possible leurs radicelles ou chevelu ; le succès d'une plantation est d'autant plus assurée, que ces organes sont mieux conservés. Pour les plants d'essences résineuses, dont les feuilles évaporent constamment, cette précaution est indispensable, en ce sens qu'un plant sans chevelu ne peut pas vivre, puisqu'il ne peut fournir aux feuilles les liquides nécessaires à leurs fonctions, et que si les feuilles ne fonctionnent plus, le jeune sujet n'a ni le temps, ni la force d'émettre les radicelles nécessaires pour aider à son alimentation.

Suivant l'époque, la saison ou le temps des plantations, on doit prendre certaines précautions pour que les jeunes plants n'aient pas à souffrir, pendant leur transport de la pépinière à leur destination.

Lorsque le temps est brumeux et humide, les racines des plants d'essences à feuilles caduques n'ont rien à redouter de leur exposition à l'air, pendant leur transport. Si au contraire l'air est sec, et que les plants ne soient pas emballés, ou que les racines ne soient pas recouvertes d'une enveloppe quelconque, on devra alors éviter que l'action trop vive des rayons du soleil ne dessèche leurs radicelles. On arrive d'ailleurs facilement ce but, en trempant les racines dans un mélange un peu épais de terre argileuse et de bouse de vache, de manière à les enduire complètement de cette mixture visqueuse ; la croûte que forme cet enduit en séchant les préserve du hâle, et de l'action desséchante du soleil.

Pour les plants des arbres à feuilles persistantes, il sera

---

procédé à l'avantage d'éviter aux jeunes sujets les chaleurs quelquefois très fortes du printemps, en leur assurant le bénéfice des pluies de la saison, mais le succès de ces plantations est moins assuré, parce que la végétation de l'automne n'est parfois pas assez vigoureuse pour amener la reprise de jeunes plants. Suivant le climat, on peut d'ailleurs choisir la saison la plus favorable pour effectuer ces plantations, qu'il faut arroser artificiellement, si on est privé du bénéfice de la pluie.

toujours préférable, à cause de l'évaporation de leurs feuilles, de les mettre complètement à l'abri de l'influence de la lumière et de la chaleur, durant leur transport. En cas d'empêchement, ou de trop grandes difficultés, on devra du moins envelopper et garnir leurs racines de terre humide ou de mousse mouillée, pour que ces organes puissent continuer à fournir aux feuilles l'humidité nécessaire à leurs fonctions. Il est facile de comprendre que, dans ces conditions, les plants d'essences résineuses ou à feuilles persistantes ne peuvent pas supporter de bien longs trajets. Pour la réussite des plantations en essences résineuses, on fera donc toujours bien de n'employer, autant que possible, que des plants arrachés du jour ou de la veille au plus tard, à moins que les conditions d'emballage ne présentent des garanties exceptionnelles.

Dans l'exécution des travaux de plantation proprement dite, on doit toujours chercher à mettre les plants dans les mêmes conditions qu'avant leur transplantation. Les racines doivent donc être étalées, ou placées avec soin au fond des trous, et de manière à ce qu'elles soient enterrées à la même profondeur qu'auparavant (1). Lors du remplissage des trous, il faut mettre d'abord la terre fine ou terreau, en la faisant glisser de manière à ce qu'elle pénètre bien dans les intervalles du chevelu ; on introduit ensuite la terre moins bonne en la tassant légèrement, et on laisse à la surface les pierres, qui peuvent être rangées autour du collet. Ces pierres, ainsi disposées, entretiennent la fraîcheur, et empêchent souvent le jeune plant d'être déchaussé par le gel et le dégel.

En enterrant les plants, on doit éviter d'employer de la terre pétrie, ou trop fortement tassée, parce que la compacité du sol nuit à sa fertilité, et devient un obstacle à l'accès de l'air, indispensable aux racines pour leur développement et la bonne végétation du jeune plant.

Dans les sols humides et marécageux, lorsque les racines des plants peuvent se trouver en contact avec l'eau, il faut alors former une petite butte (2), ou profiter de tous les accidents

(1) D'après les expériences de M. Lardier (*Les maladies de plantes cultivées*, par MM. D'ARBOIS DE JUBAINVILLE et VESQUE), la végétation des plants trop enterrés se ralentit considérablement et s'arrête quelquefois presque complètement, ce qui entraîne leur mort.

(2) La plantation par butte est, d'après M. D'Arbois de Jubainville, surtout

de terrain pour planter les jeunes sujets, de manière à éviter que leurs racines ne se trouvent plongées dans l'eau et par conséquent privées d'air, ce qui pourrait entraîner la mort des jeunes plantes de diverses essences.

Si la disposition du terrain ne permet aux arbres qu'un développement latéral des racines, il est alors avantageux de couper le pivot, ou l'extrémité de la racine centrale, pour favoriser la production des racines secondaires latérales. Dans un sol profond, on pourra au contraire conserver l'extrémité, c'est-à-dire le point végétatif du pivot, afin que les organes radiculaires puissent continuer à s'enfoncer verticalement.

Les racines brisées ou froissées, lors de la transplantation d'un végétal, deviennent impropres à absorber les sucs destinés à son entretien, et au développement ultérieur des feuilles. On remédie à cet inconvénient, et on équilibre les fonctions d'évaporation et d'absorption au moyen d'une taille modérée, en enlevant, par une section nette, une partie des branches ou même seulement des feuilles, et toutes les racines lésées ; cette opération ramène alors la plantation à une espèce de bouturage avec racines.

Après cette suppression, les nouvelles pousses, ainsi que les organes foliacés, se trouvent mieux proportionnés aux sucs absorbés par les racines. Mais ce moyen de rétablir l'équilibre, entre les organes aériens et souterrains, ne peut pas être employé pour les essences résineuses, qui n'ont pas la faculté de produire des bourgeons adventifs ; aussi doit-on, dans les transplantations des arbres de cette catégorie, ménager avec le plus grand soin leurs racines.

Les repeuplements artificiels par voie de plantation se font généralement en plein, par bandes ou par poquets. Lorsque le terrain est couvert de broussailles ou d'arbustes, il peut être utile de conserver cette végétation comme abri, mais alors, pour éviter que les jeunes plants ne souffrent de ce voisinage, il est convenable de défoncer profondément le terrain (1). La culture de la terre autour des jeunes plants,

---

bonne pour l'épicéa et les essences traçantes, mais ne peut être employée pour le chêne. Voir page 206.

(1) Dans les climats chauds, il est avantageux d'isoler les jeunes plants, surtout pendant l'été, parce qu'ils jouissent ainsi des bienfaits de la rosée, qui leur permet de résister à la chaleur et à la sécheresse. Les arbustes et plantes voisines, en empêchant le rayonnement nocturne et en concentrant la chaleur

c'est-à-dire le binage, est une opération très-avantageuse, parce qu'elle répond à un double besoin du végétal. D'abord on empêche par ce moyen le dessèchement du sol, en rendant son évaporation moins rapide, et en diminuant la transmission de la chaleur solaire ; puis on facilite l'afflux de l'air dans l'intérieur du terrain, ce qui est favorable au développement des racines, et à la décomposition des matières végétales servant à sa fertilisation.

On comprend donc, à ces divers points de vue, l'importance des soins à prendre au moment dela plantation et celle des travaux postérieurs d'entretien qu'il est, suivant les circonstances, nécessaire d'effectuer pour assurer la reprise et la bonne végétation des jeunes plants.

Lorsque les plantations se font en motte, c'est-à-dire sans dégarnir le plant et sans en exposer les racines à l'air, elles peuvent s'effectuer, pour ainsi dire, en tous temps ; mais ce procédé très-coûteux est rarement employé pour les travaux forestiers. Même avec ce mode d'exécution il est bon de prendre toutes les précautions indiquées, pour assurer la reprise et la bonne végétation des plants.

La plantation en touffes n'offre rien de particulier, si ce n'est qu'on réunit plusieurs plants dans le même trou ; elle nécessite donc les mêmes soins et les mêmes précautions que pour les pieds isolés, et donne de meilleurs résultats. Dans ce mode de plantation, on emploie le plus souvent des plants de 1 à 2 ans au plus, non repiqués.

§ 4. — *Quantité de plants à employer. — Espacement.*

La quantité de plants à employer pour boiser un hectare dépend de la distance à laquelle on les met.

Les plants d'un an (basse tige) se plantent à une distance de 15 à 30 centimètres les uns des autres, soit à 0 m. 20 c. en moyenne, et il en faut alors 250,000 à l'hectare ; les plants de moyenne tige, âgés de 2 à 3 ans, se mettent à la distance de 40 à 50 centimètres, soit en moyenne à 0 m. 45 c., et ce mode de plantation emploie 48,000 sujets à l'hectare. Les plants de haute tige, de 4 et 5 ans, peuvent être espacés de 50 à 80 cen-

---

du jour, occasionnent parfois la mort des jeunes plants, lorsque ceux-ci ne sont pas très profondément enracinés. Voir page 256 et suivantes.

timètres, soit en moyenne 0 m. 65 c. et dans ce cas il ne faut que 26,500 pieds à l'hectare.

Si on plante par bandes, ou par trous, il sera facile de déterminer le nombre de sujets nécessaires en calculant, d'après la longueur des bandes et la surface des trous, l'espacement à laisser entre chaqu'un d'eux.

Quand on emploie le mode de plantation par touffes, réussissant généralement très-bien, et laissant le moins de places vides, on peut, quoique avec des plants d'un an, espacer les touffes de 0 m. 40 c. Le nombre de touffes à employer par hectare n'est plus alors que de 62,500, comprenant chacune, il est vrai, 3 à 4 pieds. Mais cette plantation de 250,000 sujets à l'hectare n'augmente pas les frais de main-d'œuvre, et comme la valeur des plants est très-minime, on doit employer autant que possible ce mode de plantation très-économique, dont la réussite est à peu près certaine.

B. — Arbres isolés et d'ornement.

§ 1. — *Plants de fortes dimensions pour parcs, jardins, avenues, ou promenades.*

Une plantation d'arbres isolés s'effectue généralement avec des sujets de 5 à 7 ans et même plus âgés ; ces travaux doivent être exécutés avec les mêmes précautions générales que celles indiquées pour les plants de basse tige, en y mettant même encore plus de soins, parce que ces jeunes arbres sont d'une reprise moins assurée.

Ces grands plants sont ordinairement fournis par les pépiniéristes, qui les déplantent avec plus ou moins de soins et d'attention, et les habillent, c'est-à-dire les entourent de paille, pour les expédier au loin.

Les sujets destinés aux plantations isolées ou d'agrément doivent avoir, autant que possible, toutes leurs racines entières et les branches intactes, à moins que le houppier ne soit trop volumineux pour le transport. Il convient d'envelopper et de recouvrir complètement, avec de la terre ou de la mousse humide, les racines des grands plants expédiés au loin, afin d'éviter que le chevelu ne soit desséché par l'action du soleil ou de l'air, attendu que, le cas échéant, ces organes deviendraient impropres à remplir leurs fonctions.

Les arbres résineux ou à feuilles persistantes doivent avoir, plus que les autres, toutes leurs racines intactes et entourées d'une enveloppe de terre fraîche, afin qu'elles puissent continuer à fournir aux feuilles, dont les fonctions ne sont pas suspendues, le liquide nécessaire pour entretenir leur évaporation, sans dommage pour les tissus végétaux.

Les trous doivent être proportionnés, en largeur et profondeur, au développement des organes radiculaires, pour que ceux-ci puissent y être convenablement étalés, et que le collet de la racine arrive à fleur de terre. On garnit le fonds de la fosse avec du terreau, dont une couche est également répandue sur les racines, afin que le chevelu trouve partout et en abondance, les éléments nécessaires à une végétation vigoureuse, destinée à assurer la bonne reprise du plant. Si quelques racines étaient blessées, on en opèrerait le retranchement par une section bien nette.

La pratique de la taille complète ou de l'étêtement des plants est déplorable, en ce sens qu'elle prive les arbres d'une partie de leurs organes essentiels, en leur imposant en outre un surcroît de production, dans des conditions difficiles, et lorsque leur existence est incertaine ; elle a enfin le désavantage de faire perdre au houppier sa forme conique naturelle. On peut néanmoins raccourcir les jeunes branches, et supprimer les derniers rameaux ou seulement les feuilles des plants, soit pour en faciliter le transport, soit pour régulariser la forme de la cîme, et surtout pour équilibrer l'évaporation des organes foliacés avec le pouvoir d'absorption des organes radiculaires.

Si on désire que ces arbres affectent une forme déterminée, on pourra amener ce résultat par la culture et la fumure, en provoquant un développement spécial des racines, auquel correspondra, la plupart du temps, une disposition plus vigoureuse des branches, dont la forme sera ensuite fixée par un élagage progressif et modéré (1).

En plantant les arbres d'ornement, il est bon de tenir compte de la tendance naturelle des branches à se diriger vers la lumière et le soleil ; de la force et de la direction du vent dominant, qui peut contrarier leur croissance et faire dévier leur cime, et enfin avoir soin de donner autant que possible à chaque plant la même orientation que dans la pépinière.

(1) Voir infra *Elagage* et *Taille*. — Chapitre IV, section v, § 2.

On sait que les racines des arbres redoutent les terrains tassés, sans air et sans engrais ; si on veut mettre les arbres d'agrément, de parcs, avenues ou jardins dans de bonnes conditions de végétation, il convient de les entourer de banquettes gazonnées, perméables à l'air, et que l'on peut facilement fumer et arroser.

La plantation d'un arbre isolé, sur l'emplacement où est mort un arbre de la même essence, échoue assez souvent, à moins de faire au préalable défoncer profondément le sol pour l'aérer, et en extraire avec un soin minutieux toutes les racines en voie de décomposition ; cette précaution, bien connue dans la pratique, est indispensable pour assurer dans ce cas particulier la réussite du jeune plant (1).

A moins que le terrain sur lequel on veut effectuer une plantation d'agrément soit d'une nature spéciale, son degré de sécheresse ou d'humidité (2), ou bien la faculté de pouvoir l'arroser, aura une influence déterminante sur le choix des essences. Pour les plantations de cette nature on peut d'ailleurs adopter soit des arbres à grande longévité, mais dont la croissance est lente, ou bien les essences à croissance rapide dites bois blancs, dont l'existence plus courte, dépasse néanmoins souvent la vie de l'homme.

§ 2. — *Arbres fruitiers.*

Les conditions de la plantation des arbres fruitiers sont les mêmes que celles des arbres forestiers et d'ornement ; on doit seulement les placer dans un terrain fertile et bien défoncé, et garnir leurs racines avec du terreau, afin que leur végétation soit vigoureuse, et qu'ils produisent plutôt des fruits.

---

(1) On ne connaît pas encore bien exactement la raison ou la cause de la mortalité qui frappe un jeune arbre mis à la place d'un arbre mort de même essence. (Voir page 277). Elle est probablement due à l'invasion du mycelium d'un champignon souterrain (*agaricus melleus*) existant dans la plupart des racines mortes, et qui pénètre dans les racines du jeune plant, par les sections ordinairement faites sur ces organes. Voir *Les maladies des plantes cultivées*, par d'ARBOIS DE JUBAINVILLE et VESQUE.

(2) Les arbres d'avenue ou d'ornement des terrains secs sont les chênes les châtaigniers, les hêtres, les ormes, les charmes, les érables, les tilleuls, les noyers, les robiniers, les sophoras, etc ; dans les terrains frais on peut planter les platanes, les frênes, les maronniers, les peupliers de la Caroline, les peupliers blancs, etc.

Section IV. — Boutures — Marcottes.

Les boutures consistent ordinairement en un morceau de jeune branche ou de jeune tige ligneuse vivante, que l'on enfonce en terre pour lui faire prendre racine ; aussi les plantations par boutures ne réussissent-elles bien que pour certaines essences ayant la faculté d'émettre facilement des bourgeons et des racines adventives.

D'après une expérience de Hanstein (1), sur le bouturage dans l'eau, la longueur des racines adventives est proportionnelle à la longueur de la bouture, au-dessus du point où ces racines se manifestent. Ce résultat s'explique facilement par ce fait, que la production des racines et des branches s'effectue exclusivement au dépend des matériaux déposés dans les tissus ligneux.

Lorsqu'on veut se servir de ce mode de repeuplement avec succès,il faut d'abord n'employer que des portions de rameau bien lignifiées ; il est en outre avantageux de laisser à la bouture ou plançon une certaine longueur au-dessus du sol, afin de faciliter l'émission et le développement des racines. La portion enterrée doit être coupée en biseau allongé, pour favoriser l'absorption de l'humidité.

Néanmoins, M. le dr Jules Guyot a constaté que les boutures de vigne, dont l'extrémité supérieure était couverte de terre, ou bien qui se trouvaient complètement enfoncées dans le sol, et par conséquent soustraites à l'influence de l'air et de l'évaporation, poussaient des jets plus forts et plus vigoureux que les autres ; il faut observer à ce sujet que la portion des boutures de vigne mise en terre est généralement très-longue, et cette circonstance peut expliquer leur végétation vigoureuse.

La seconde année, et après son enracinement complet,on peut couper alors la tige de la bouture pour lui faire produire des véritables rejets de souche plus vigoureux ou plus réguliers.

Comme le bouturage des arbres ne peut, en quelque sorte, réussir que si le plançon mis en terre renferme dans ses tissus les éléments susceptibles de former les nouvelles pousses, il s'en suit que l'époque la plus favorable pour la

(1) Voir *Revue des eaux et forêts.* — 1873, page 204.

coupe et la plantation des boutures est la période comprise entre la chûte des feuilles à l'automne et l'émission des radicelles et des feuilles au printemps, parce que c'est le moment où les tissus ligneux, bien constitués, ont resorbé et emmagasiné tous les matériaux élaborés par les organes foliacés.

L'émission des racines sur les boutures a ordinairement lieu aux nœuds, bourrelets ou renflements, tels que les coussinets des feuilles, ainsi que sur les plaies ou entailles qui n'affectent que l'écorce. On assure par suite la reprise des boutures, en employant des plançons munis de plusieurs bourgeons, dont quelques-uns sont mis en terre, et d'autres laissés en dehors ; en ayant soin d'entretenir la fraîcheur et l'ameublissement du sol, et de diminuer autant que possible l'évaporation du sujet.

Les boutures, comme les rejets de souche, fructifient plus tôt que les brins de semence, parce que le végétal peut accumuler, dans ses tissus ligneux, les matériaux nécessaires à la production des graines ; par suite, la précocité de la bouture varie suivant l'âge du bois employé.

Les végétaux à bois tendre et à écorce fine émettent plus facilement des racines adventives que ceux à bois dur, et peuvent, par conséquent, se propager facilement par simple bouture (1).

La marcotte est une espèce particulière de bouture, qui permet d'employer presque toutes les essences, pour ce mode de repeuplement. Avec cette pratique, le plançon mis en terre reste, par une de ses extrémités, adhérent à la tige-mère, dont il n'est séparé que lorsque la portion enterrée a émis des racines, de manière à permettre à la marcotte de se développer librement. On comprend ainsi pourquoi ce mode de propagation de végétaux offre une reprise assurée ; mais il a l'inconvénient de ne pouvoir être appliqué que dans des cas particuliers, et sur des surfaces restreintes.

Section V. — Greffe.

La greffe consiste dans l'application et le développement

(1) Le bouturage des arbres résineux, tels que l'épicéa, réussit quelquefois mais il exige des soins particuliers, qui font rentrer cette opération dans le domaine de l'horticulture, et dont le forestier n'a pas à s'occuper.

sur un végétal étranger d'un bourgeon pris sur un autre arbre d'organisation semblable, et appartenant à la même famille végétale (1). Sans modifier la nature des plantes, cette opération permet de conserver les variétés utiles ou remarquables, qui ne se reproduiraient pas,ou ne se propageraient pas par semis. Elle active, dans certains cas, la végétation, et occasionne souvent une fleuraison et une fructification plus abondante, plus précoce ou plus choisie.

Les différents modes de greffe par approche, en tête, en fente, en couronne, en flûte, en écusson etc., ne diffèrent que par la place occupée par le greffon, et son mode d'insertion ou de fixation.

L'opération de la greffe n'exige pour réussir qu'une seule condition, le contact immédiat, complet et prolongé des couches corticales entre le greffon et le sujet. C'est pour obtenir ce résultat que l'on entoure la greffe d'une ligature et, même d'un mastic ou de terre, afin de mettre les jeunes tissus à l'abri de l'air et des influences atmosphériques. On doit, autant que possible, éviter dans cette opération de blesser le corps ligneux, parce que les blessures de l'espèce ne se cicatrisent pas, et sont seulement recouvertes par l'écorce.

Une des conditions pour assurer la réussite et la soudure de la greffe est que le sujet soit un peu en végétation ou, comme on le dit vulgairement, que la végétation du sujet soit plus avancée que celle du greffon.

Ce mode de reproduction et de multiplication des végétaux, qui n'est réellement utilisé qu'en horticulture, a pour résultat de faire développer, sur le corps ligneux d'un arbre, un bourgeon étranger, qui se comporte presque comme une graine mise en terre. Sous l'afflux des liquides séveux ce bourgeon s'épanouit, en donnant naissance à ses feuilles, ses fleurs, ses fruits et ses graines spéciales ; les sucs élaborés par les feuilles donnent lieu de leur côté à une production ligneuse, semblable à celle de l'arbre auquel appartient le greffon, et se distinguant souvent de celle du sujet greffé (2). Le bour-

(1) Cette règle n'est pas absolue, en ce sens que certains végétaux de la même famille ou de la même espèce ne peuvent pas se greffer entre eux; ces exceptions n'ont pas encore reçu une explication satisfaisante.

(2) M. Rivière a remarqué que chez le marronnier blanc et le marronnier jaune greffés entre eux, on aperçoit fort bien la ligne de démarcation entre les deux bois, qui sont de nuance différente, et conservent leurs caractères propres.

geon rapporté se soude donc à l'arbre sur lequel il a été placé ; le corps ligneux de ce dernier lui sert de support ; ses tissus sont les organes conducteurs des liquides nécessaires au développement du greffon, que les racines puisent dans le sol, et au moyen desquels il émet toutes ses productions caractéristiques.

Dans les forêts, on trouve assez fréquemment deux pieds d'arbres liés par une greffe par approche. Dans ce cas, la soudure s'effectue par suite de l'écorchure ou du frottement des deux écorces ; mais ce fait ne se produit que sur les arbres dont les couches corticales sont peu épaisses.

La greffe herbacée des conifères a été l'objet de nombreux essais, sans jamais donner les résultats espérés. Ce genre de multiplication d'espèces rares ou intéressantes peut, sans doute, rendre des services pour l'entretien des parcs et des jardins, mais elle n'est pas considérée comme une opération très-pratique et usuelle.

Les racines des sapins se greffent souvent naturellement, et donnent alors lieu à ce singulier phénomène d'une production ligneuse aux fibres parfois irrégulières, contournées et non parallèles, formées sur une souche coupée, sans que celle-ci porte aucun organe d'assimilation (1).

Le bois de la greffe prend bien la coloration du greffon, mais les couches ligneuses formées sur le sujet et postérieurement à la greffe, quoique produites au moyen des sucs élaborés par les feuillss du greffon, ne présentent pas, sur toutes les essences, une différence bien tranchée. Il y a là un phénomène encore imparfaitement connu.

(1) Cette greffe naturelle des racines peut donner lieu à des productions bizarres. Il a été trouvé, dans la forêt de Saorge, le bas de la tige d'un sapin brisé à 2m 07c au-dessus du sol, dont la circonférence, à 1m 50c de hauteur, était de 0m 57c mais dont la section supérieure était terminée par un bourrelet ayant 0m 62c de tour. Cette tige était creuse au milieu ; sa portion externe était seule vivante et s'accroissait chaque année d'une couche ligneuse et corticale. Le nombre de ces couches, formées après la rupture de la tige, était de 62. Pendant 62 ans, cette quille a donc été entretenue vivante par la greffe de ses racines avec celles d'un sapin de 1m 30c de tour situé à 0m 40c de distance ; l'épaisseur de la couche ligneuse ainsi formée était de 0m 04c au bourrelet terminal et de 0m015m seulement à 1m 50 du sol. Les accroissements sont en général très minces, mais cependant distincts, et leur épaisseur est plus considérable vers la cime, au bourrelet, soit par suite de la force ascensionnelle de la sève, soit par suite de la moindre constriction de l'écorce.

Cette production ligneuse anormale prouve que la sève élaborée se transporte partout où elle est nécessaire pour l'accroissement et l'entretien des tissus ; elle démontre également que la partie verte de l'écorce joue un certain

Section VI. — Du Recepage.

§ 1. — *Recepage des plantations.*

Le recepage des jeunes plants, c'est-à-dire la coupe rez-terre ou entre deux terres des jeunes sujets, effectuée immédiatement après leur plantation, dans le but d'activer leur croissance, ne produit pas toujours le résultat espéré.

Lorsqu'un jeune plant est mis en terre, avec perte d'une partie de ses racines, la force de la végétation est d'abord employée à reconstituer les organes essentiels mutilés, et c'est seulement après ce travail souterrain que les parties aériennes peuvent se développer. Mais comme les végétaux accumulent dans les tissus ligneux les matériaux destinés à la formation et au développement ultérieur de tous leurs organes (1), il est facile de comprendre comment le recepage, c'est-à-dire l'ablation de la tige ligneuse, est alors une opération illogique, puisque les jeunes plants se trouvent ainsi privés d'une partie des éléments qu'ils auraient précisément pu emprunter à leur tige et à leurs branches, pour la formation et l'émission des nouvelles racines, indispensables à leur existence (2).

Après une transplantation, l'excès de l'évaporation, ou la résorption des matériaux plastiques, emmagasinés dans les feuilles et les branches,amènent souvent le dépérissement de ces organes ; ce fait, mal expliqué, a probablement alors fait penser, mais à tort, que leur suppression pourrait être une bonne opération culturale. La demie cassure ou l'enlèvement partiel des organes foliacés aurait été bien plus logique, et serait, dans tous les cas, préférable à la section de la tige.

Il arrive en outre souvent qu'un plant, recepé après sa mise en terre, repousse très-vigoureusement et, par une fausse interprétation de ce phénomène, on attribue ce résultat au seul

---

rôle dans les fonctions végétales,soit à cause de la chlorophylle qui s'y trouve, soit à cause de l'évaporation dont elle peut être le siège.

On a trouvé aussi, mais très rarement,des bourgeons se développant sur ces chicots dont la vitalité est entretenue par les racines des arbres voisins ; d'après l'examen des couches ligneuses, ces bourgeons proventifs n'avaient paru qu'après la section de la tige.

(1) Voir page 118 et suivantes.

(2) Voir *Les lois naturelles de l'agriculture*, par Liébig.

fait de la suppression de la tige, en le considérant ainsi comme très-avantageux. La végétation que l'on constate, dans ce cas, provient de la nécessité absolue où se trouve le végétal de reconstituer, après la mutilation dont il a été l'objet, ses organes d'assimilation et d'élaboration supprimés, et sans lesquels il ne peut vivre.

La formation des feuilles et des radicelles n'ayant d'autre origine que les éléments amylacés, emmagasinés dans les tissus ligneux du fragment de tige laissé au jeune plant, il est facile de comprendre que cette végétation ne s'effectue dès lors qu'au détriment de sa propre substance, et que cette exubérance même peut compromettre son existence, ou sa croissance des années suivantes.

Si, après que les jeunes plants sont bien enracinés, c'est-à-dire à la deuxième année, leur tige se trouve faible ou déformée, par suite d'un retard de croissance ou pour toute autre cause accidentelle, on peut, dans ce cas, les receper sans inconvénient. Le jeune sujet trouve alors, dans les tissus ligneux de ses organes souterrains complètement reconstitués, une réserve de matériaux élaborés, suffisante pour la production d'une pousse vigoureuse et régulière, destinée à former une nouvelle tige (1).

On ne recepe que les plants d'essence feuillue, susceptibles d'émettre des rejets de souche.

Lorsqu'on pratique cette opération, il est souvent avantageux, surtout dans la région du midi, et dans les climats secs et chauds, de recouvrir la section d'une petite couche de terre, pour la mettre à l'abri de la dessication produite par l'évaporation des tissus à l'air libre (2).

La coupe ou le recepage rez-terre doit se pratiquer avec un

---

(1) Les observations et les expériences de M. d'Arbois de Jubainville (Voir *Revue des eaux et forêts*, *1875*) ont à peu près complètement élucidé ce point intéressant de la culture forestière, et ont permis d'établir, d'après les véritables principes de la physiologie végétale, les règles de la pratique du recepage, restées jusqu'à ce jour un peu empiriques.

(2) D'après diverses expériences, le mode de recepage entre deux terres semblerait assurer le succès des plantations de chêne.

M Demontzey a constaté que les plants de chêne recepés entre deux terres produisent des rejets plus abondants et plus vigoureux que ceux coupés seulement rez-terre. Dans certaines circonstances, la couche de terre qui recouvre le plant peut mettre les jeunes bourgeons à l'abri des gelées printanières, nuisibles surtout au chêne.

instrument bien tranchant, tel qu'un sécateur, afin que la section bien nette et franche se cicatrise facilement, et que la souche émette de beaux rejets (1); pour receper les brins entre deux terres, on se sert le plus souvent d'une pioche *tranchante*, afin de bien effectuer ce travail.

§ 2. — *Recepage des brins abroutis et rabougris.*

L'allongement des végétaux se produit par le développement des bourgeons terminaux. Quand ces organes sont mangés, ou détruits par une cause quelconque, l'allongement de la tige est arrêté, jusqu'à l'apparition d'un bourgeon adventif latéral, destiné à fournir une nouvelle pousse. La régularité de la tige est alors modifiée, soit par le retard de la croissance et la déviation de l'axe, soit par le développement exagéré des branches latérales. Lorsque ce fait se reproduit plusieurs fois sur la tige principale, ainsi que sur les branches, le végétal affecte alors un port bas et souffreteux, une ramification courte, dure, noueuse et irrégulière, caractéristique des arbres qui ne peuvent pas s'élancer et se développer.

Cet état anormal peut être le résultat des gelées printanières, très-nuisibles dans certaines expositions et dans les bas-fonds humides, ou bien provenir des abus du pâturage des troupeaux. Mais il importe d'observer que, dans le premier cas, le bourgeon est seul atteint, tandis que la dent du bétail attaque également la tige et les branches des jeunes végétaux.

On sait que tous les animaux recherchent les parties jeunes et herbacées (bourgeons, fleurs et feuilles) des arbres, à cause de leur saveur sucrée et de leur teneur en substance azotée ; or, en broutant ces jeunes organes, les animaux peuvent casser et couper, ou arracher et tordre les tiges qui les portent, suivant leur mode de mastication. Les bêtes bovines cassent par traction directe les branches et les feuilles des végétaux broutés ; les chevaux opèrent la brisure ou l'arrachement en serrant et en donnant une secousse de haut en bas; et les moutons rongent l'extrémité des pousses qu'ils brisent au moyen d'une saccade. Mais l'animal dont le pâturage est

(1) Voir *Rejets de souche* et *Coupe des tiges*.

le plus dangereux pour les terrains boisés est la chèvre, parce que, errant sans cesse en liberté, elle ne recherche et ne mange que les feuilles, l'écorce ou les jeunes tiges des arbres, arbustes et arbrisseaux, et que son humeur vagabonde la fait circuler partout; prenant à peine deux bouchées à la même place ou à la même plante, elle endommage ainsi toutes les tiges qui se trouvent à sa portée. Par suite d'une disposition spéciale de leur mâchoire, les bêtes caprines possèdent la faculté de donner à leur appareil dentaire un mouvement alternatif de va-et-vient, qui produit l'effet de la scie joint à celui de l'écrasement.

Lorsque les tiges des plantes sont seulement coupées ou cassées, il ne se produit, si la section est nette, qu'une plaie simple, dont la cicatrisation s'effectue plus ou moins facilement. Mais comme les branches, rameaux ou tiges broutés par les chèvres sont ordinairement tordus et broyés, il en résulte une désagrégation des fibres et un décollement des couches ligneuses, qui arrêtent la circulation des sucs végétaux, et empêchent ainsi la cicatrisation.

Dans la plupart des cas, ce genre de blessures est accompagné d'écrasement, de torsion et de déchirures, de telle sorte que la désorganisation des tissus, se prolongeant bien au-dessous du point brouté, occasionne la formation d'un chicot plus ou moins long de bois mort (1), qui nuit au développement de l'arbre.

Aux mutilations provenant du pâturage des bestiaux il n'y a qu'un seul remède : lorsque la tige principale n'est pas trop endommagée, il faut remplacer les plaies irrégulières par des sections nettes, qui se cicatrisent facilement. Mais si le végétal a trop souffert, si la tige a été tordue ou broyée partiellement, il est alors préférable, quel que soit l'âge du sujet, de le receper rez-terre ou entre deux terres, pour lui faire produire des rejets de souches capables de former une tige régulière et élancée.

Lorsqu'un jeune peuplement (semis ou plantation) a souffert

(1) Ce fait, constaté depuis longtemps, doit être l'origine du préjugé attribuant la mort partielle ou totale d'une tige broutée par une chèvre, à un prétendu poison exhalé par l'haleine de cet animal, ou communiqué par ses dents. La chèvre n'a ni l'haleine ni la dent venimeuse; mais par suite de ses goûts, de ses habitudes et de son mode de mastication, le pâturage de cet animal est des plus désastreux pour tous les terrains boisés. (Voir *Le pâturage sur les terrains gazonnés et boisés, 1878* — par M. A. Rousset, inspecteur des forêts).

pendant plusieurs années de la gelée, ou bien reste rabougri, il convient de receper avec soin tous les brins. On force ainsi les souches à émettre des rejets vigoureux, dont la croissance rapide met les jeunes bourgeons terminaux à l'abri des gelées printanières et de la dent du bétail.

On peut, au moyen de cette opération, dans laquelle on suit toutes les règles pratiques indiquées pour le recepage des plantations, reconstituer les cantons de forêts dégradés, et arriver à former ainsi rapidement un peuplement régulier et bien venant.

CHAPITRE III.

Développement et production ligneuse d'un massif boisé.

Section I. — Accroissement d'un massif boisé.

§ 1. — *Des Futaie.*

L'accroissement des arbres réunis en massif diffère de celui des arbres isolés (1) ; ceux-ci ont, en effet, la faculté d'étendre librement en tous sens leurs branches et leur feuillage, tandis que les autres, se trouvant placés dans une dépendance réciproque les uns des autres, ont leur croissance individuelle ralentie par la difficulté de développer leur houppier. Un massif boisé, une forêt, représente en effet une superficie invariable, sur laquelle croît une quantité plus ou moins grande de végétaux ligneux ; innombrables à leur naissance, leur nombre diminue au fur et à mesure de leur développement, de telle sorte que la plus grande partie meurt et disparaît, sans avoir parcouru les différentes phases de leur existence.

Il en résulte que si la somme de tous les volumes individuels, acquis chaque année, par chacun des arbres d'un massif, forme bien l'accroissement annuel de ce massif, une partie du volume ainsi formé disparaît successivement avec les tiges des sujets qui, pour une raison quelconque, ne peuvent pas se développer, meurent, ou sont coupés avant la fin de la période d'exploitation.

---

(1) Voir page 160.

Si un massif boisé n'était composé que d'un petit nombre d'arbres très-espacés, comme cela se produit pour les rejets de souches, dans les taillis, ou bien si au milieu des arbres d'une futaie on pouvait distinguer et connaître, dès le début, ceux qui pourront librement se développer jusqu'à la fin de leur végétation, l'accroissement de cette forêt suivrait alors, jusqu'à un certain point, la même marche que celle des arbres isolés. Mais cette hypothèse est bien éloignée de la réalité. De 1 à 5 ans, par exemple, la quantité des jeunes brins nécessaires pour former le peuplement complet d'un hectare est inombrable ; comme leur végétation est assez vigoureuse, il en résulte que, malgré leur faible croissance individuelle, le volume total de la matière ligneuse ainsi produite, et représentant en réalité l'accroissement de l'hectare (1) *boisé*, est néanmoins considérable (2). Puis à 20, 30, 40 ou 50 ans, le nombre des tiges diminue ; mais si le massif reste complet et si la végétation est vigoureuse, la formation ligneuse, qui s'effectue sur des sujets plus forts, compense la réduction de leur nombre, de telle sorte que l'accroissement a une tendance à augmenter plutôt qu'à diminuer.

Cette progression se continue ainsi d'année en année, en ce sens que le nombre des arbres par hectare diminue au fur

---

(1) L'accroissement des bois s'effectue bien sur la surface où croît le bois; mais comme il se produit en réalité sur les arbres eux-mêmes, il peut aussi bien être considéré comme le revenu du matériel ligneux antérieur et accumulé, que comme le résultat de la fertilité du sol.

On calcule souvent le revenu ou la production d'une forêt *à l'hectare*, pour les bois exploités en taillis, parce que, à l'exception des arbres de réserves, le nombre des tiges formant le peuplement varie peu, depuis la première pousse jusqu'au moment de l'exploitation. Mais pour les futaies, les calculs à l'hectare sont en quelque sorte purement comparatifs; on ramène alors à un hectare fictif la production des bois exploités pendant la révolution. Pour rentrer dans la réalité, il faudrait être certain que le matériel, du début à la fin de la révolution, ainsi que pendant les périodes principales de l'exploitation, reste toujours le même.

A défaut de cette condition, les calculs *à l'hectare* peuvent, pour la futaie, conduire à des erreurs, en ce sens que la production ligneuse indiquée peut avoir pour origine une augmentation de la fertilité du sol, ou bien l'augmentation du matériel ligneux productif.

(2) En admettant qu'à 3 ans les plants aient 0^m 005^{mm} de diamètre et 0^m 20 de hauteur, et qu'ils soient placés à 0^m05^c les uns des autres, en tous sens, le volume ligneux produit serait de 15^{mc} 700 soit 5^{mc} 233 par hectare et par an. Cet espacement de 0^m 05^c est à peine suffisant pour qu'avec ces plants le massif soit complet ; avec un espacement de 0^m 10^c la production ligneuse serait de 1^{mc} 300, mais le peuplement serait alors très-clair.

et à mesure de leur développement ; mais en même temps, plus les sujets sont serrés, plus ils s'élancent en hauteur, et plus la formation ligneuse de la tige prédomine ainsi sur celle des branches. Lorsque enfin la quantité des arbres est réduite au minimum nécessaire pour que leur houppier constitue un couvert complet, chacun d'eux suit alors sa loi d'accroissement individuel, et celui du massif boisé n'est plus que la résultante de tous les accroissements des brins qui le composent, dont le nombre est devenu invariable.

Le feuillage des arbres, organe de la formation des matières ligneuses, et le couvert qui en résulte, présentent certaines modifications assez importantes. D'abord basses, faibles ou petites, au moment de la naissance du plant, les feuilles produites la première année ne peuvent pas former un couvert complet ; il s'en suit que la production ligneuse de la première année est généralement assez faible, par hectare, soit à cause de l'espacement des brins de semences, soit à cause de leur petit volume. Aussi est-il reconnu que,dans les bois exploités en taillis, où le recru des souches est plus vigoureux, la production ligneuse annuelley est,pendant les premières années et malgré le grand espacement des rejets, généralement plus forte que dans les semis naturels,souvent très-serrés des futaies.

Peu à peu les tiges s'allongent ; les houppiers se développent,et vers la 10e année un couvert uniforme,quoique encore très-clair, se forme sur toute la superficie du massif. A cette période, toute la surface boisée et feuillue est en véritable production ligneuse,et celle-ci suit alors une marche ascendante,semblable à celle du développement des feuilles.La formation ligneuse individuelle pour chaque brin est cependant encore peu considérable, parce que chacun d'eux est peu branchu, et un peu feuillé à son extrémité supérieure seulement. Sous le couvert ainsi formé, les sujets faibles et dominés tendent à disparaître, par suite d'une éclaircie naturelle, ce qui permet aux perches restantes de se consolider, de développer davantage leurs branches, et d'accroître l'importance de leur appareil foliacé ; à la suite de ces modifications, le massif forme alors, vers l'âge de 20 à 25 ans, un véritable couvert assez complet et serré.

A cette époque les troncs sont lignifiés, et les cîmes, à peu près toutes égales, constituent comme une nappe horizontale

de verdure, couvrant exactement toute la superficie du terrain. L'activité de tous les appareils foliacés s'exerce alors dans des conditions normales, c'est-à-dire sur la surface exacte du massif boisé, et celui-ci se trouve par conséquent dans des conditions régulières de production moyenne ; on pourrait appeler cette période, celle de l'accroissement régulier moyen de la forêt.

Lorsque le massif boisé est arrivé à cet état, toutes les cîmes sont égales ; aucun houppier ne pouvant individuellement s'agrandir par le développement latéral de ses branches, auquel s'opposent les rameaux des arbres voisins, tout l'effort de la végétation se produit alors verticalement : les troncs ne grossissent plus, ou fort peu, et de moins en moins, mais les tiges s'allongent davantage. Le volume annuel ligneux formé par hectare reste alors forcément à peu près le même, puisque le couvert n'a pas varié ; l'accroissement individuel de chaque arbre ne progresse pas et se répartit uniformément, puisque leur nombre n'a pas changé ; seulement au lieu de se traduire par le grossissement de la tige, il est appliqué presque en totalité à l'allongement de l'axe.

En somme, l'accroissement moyen par hectare et par an de ce massif se continue et se maintient régulièrement ainsi, jusque vers l'âge de 30 à 40 ans.

A ce moment, soit à la suite d'une éclaircie naturelle ou artificielle, soit à cause de la fertilisation progressive du sol produite par le massif des bois en futaie, ou bien enfin grâce à un concours de conditions plus favorables, un certain nombre d'arbres arrive à étendre ses branches et son feuillage sur les plantes voisines. Celles-ci dépérissent alors et cessent de s'accroître, tandis que les autres tiges développent davantage leur cime, dont la forme légèrement conique devient plus accentuée, et commence à se détacher sur la surface supérieure du couvert. Lorsque ces phénomènes se produisent, l'accroissement des arbres ainsi dégagés augmente considérablement, au fur et à mesure de l'extension de leur houppier, et l'accroissement du massif lui-même suit la même progression, parce que la surface externe du couvert, devenue mamelonnée, présente en réalité une superficie foliacée supérieure à celle du sol sur lequel repose ce peuplement.

L'accroissement de la forêt est alors en progression ascendante bien marquée ; il doit être en effet supérieur à la moyenne

normale, puisque la superficie active du système foliacé des arbres dépasse celle du massif boisé.

A partir de ce moment, les arbres dominants deviennent de plus en plus vigoureux ; ils étouffent leurs voisins plus faibles, et étendent leurs branchages jusqu'à ce que ils se rejoignent entre eux, et que le couvert soit de nouveau constitué par les houppiers d'un nombre d'arbres plus restreint, mais ayant cependant chacun une place à peu près suffisante. La croissance ligneuse annuelle du massif s'augmente également, en suivant la même marche que celle du développement des organes foliacés.

Puis, ainsi que cela s'est déjà produit, dès que les branches latérales ne peuvent plus s'étendre, parce qu'elles se touchent et sont contenues par les cimes des arbres voisins, l'expansion des organes foliacés ne pouvant s'effectuer que verticalement, chaque sujet projette alors dans les airs un cône de verdure. Cette disposition nouvelle augmente considérablement la surface extérieure du couvert, et par suite le nombre des organes foliacés, dont l'activité concourt à la formation ligneuse ; celle-ci s'accroît dans la même proportion et atteint enfin son apogée, c'est-à-dire ce qu'on peut considérer comme son accroissement maximum.

Cet état, malgré la vigueur de la végétation, se maintient pendant un certain temps simplement stationnaire, parce que les arbres âgés, dont le feuillage est ainsi soumis aux influences de la lumière et de la chaleur, fructifient abondamment, ce qui réduit la formation de la substance ligneuse. L'accroissement se ralentit ensuite, parce que les cimes perdent peu à peu leur forme pyramidale, en s'arrondissant et se nivelant ; plus la surface supérieure foliacée se rapproche de l'horizontale, plus elle redevient alors égale à la superficie boisée, et plus l'accroissement du massif tend à revenir, par la même raison, à l'accroissement moyen. Mais comme le nombre des arbres ne change pas, la production ligneuse annuelle reste d'abord un certain temps stationnaire, et tend enfin à décroître peu à peu, en suivant alors la marche de la végétation des vieux arbres sur le retour, et jusqu'à leur mort.

On peut donc dire, en résumé, que l'accroissement d'une forêt traitée en futaie dépend à la fois du nombre des tiges vivantes qu'elle renferme, et de leur végétation particulière ; que l'accroissement ligneux, étant une conséquence du fonc-

tionnement des organes foliacés, reste à peu près toujours le même, tant que le couvert formé par les houppiers reste complet et normal, et qu'il augmente ou diminue suivant les modifications qu'éprouve la superficie foliacée active et productive.

Enfin, lorsque un massif de futaie arrive au moment de son exploitation, on ne trouve pas dans le matériel ligneux abattu la somme de tous les accroissements annuels acquis par toutes les tiges ayant végété pendant la durée de la révolution, à cause de la suppression des brins dominés, qui ont successivement disparu, faute d'espace pour pouvoir se développer.

§ 2. — *Des Taillis.*

1° Des Taillis simples.

Le développement normal et continu des arbres tend toujours à constituer les massifs boisés à l'état de futaie, mais l'industrie humaine modifie souvent cette règle naturelle, et par suite le mode d'accroissement des forêts.

Lorsqu'on exploite complètement une superficie boisée à un âge plus ou moins jeune, et à des périodes plus ou moins rapprochées, on crée alors un taillis simple, qui se reconstitue par des rejets de souches, dont la croissance ligneuse est très-active et vigoureuse, surtout pendant les premières années, à cause des substances assimilables fournies par les racines. Chacune des tiges du massif que l'on coupe, par exemple, à l'âge de 20 à 25 ans, se trouve complantée à une certaine distance les unes des autres, et, par suite, les rejets venus sur ces souches se trouvent assez espacés entre eux. Mais comme chaque souche émet un nombre plus ou moins considérable de brins, il s'en suit que la réunion de toutes les jeunes tiges forme souvent un peuplement plus complet que celui du massif exploité.

Les cimes de tous ces rejets constituent rarement un couvert complet, surtout pendant les deux ou trois premières années ; il semble dès lors au premier abord que l'accroissement de ce jeune bois taillis, et par suite sa production ligneuse à l'hectare doivent rester au-dessous de la moyenne. Mais comme les substances fournies par les souches permettent aux rejets de prendre un fort développement, il en

résulte que l'accroissement des taillis simples est en général assez considérable.

Si on compare, en effet, la pousse d'un jeune semis d'un an, dont les brins sont très-rapprochés, avec un jeune recru de taillis, situé dans un bon sol (1) et dont les souches ont l'espacement ordinaire, on sera frappé de la différence de grosseur et de hauteur des tiges de ce dernier, ainsi que du développement de leurs organes foliacés. Si les brins de semence, très-rapprochés, sont dix ou vingt fois plus nombreux, les rejets de souche sont en revanche peut-être cent fois plus forts : on peut donc dire que, dans des conditions ordinaires de part et d'autre, une superficie boisée en rejets de souches a, pendant les premières années, un accroissement supérieur à celui de la même étendue garnie de brins de semence.

Toutes les fois que les taillis sont serrés ; que les rejets nombreux forment de bonne heure un couvert complet ; que le terrain est de bonne qualité, l'accroissement du bois et par suite la formation ligneuse y est alors considérable, parce que le jeune recru est garni de nombreux organes foliacés servant à l'élaboration de la sève, et qu'il trouve, en outre, dans les souches une réserve d'aliments assimilables pour la formation des tissus ligneux.

Lorsque les rejets des taillis arrivent ensuite à former un peuplement complet, le massif boisé entre dans une période d'accroissement régulier ; mais quand le sol n'est pas fertile, la croissance se ralentit bientôt et la production ligneuse tend à décliner.

On peut donc dire, pour les taillis simples, que si l'accroissement est considérable pendant les premières années, il est, en général, toujours en raison directe du degré de fertilité du terrain, sans qu'on puisse d'ailleurs indiquer une proportion quelconque à cet égard. Dans tous les cas, lorsque la révolution ou période d'exploitation n'est pas trop longue, comme tous les rejets de souche conservent alors leur vitalité, le massif boisé se maintient dans la moyenne normale de l'accroissement. Celui-ci diminue au contraire dès que, par une raison quelconque, une partie des brins trop serrés ou dominés

(1) Les taillis simples sont en général situés dans des mauvais terrains, et comme la fréquence des exploitations empêche l'amélioration et la fertilisation du sol, on ne doit attribuer, qu'à cette double circonstance, la faible production ligneuse ordinaire des massifs de cette nature.

commence à dépérir ; à ce moment il convient d'éclaircir le taillis pour activer sa croissance, ou bien il faut l'exploiter.

2° Des Taillis composés. — Taillis sous Futaie ou Futaie sur Taillis.

Si au lieu de couper à blanc étoc tous les arbres d'une forêt, on réserve, lors de l'exploitation, une certaine quantité de jeunes brins ou baliveaux pour les laisser croître, on crée alors dans ce massif boisé un nouvel état de choses, qui en change les conditions d'accroissement.

Ces arbres réservés se trouvant ainsi, après la coupe, espacés les uns des autres peuvent, d'une part, se développer vigoureusement et considérablement, en suivant alors dans leur accroissement la marche progressivement ascendante des arbres isolés, tandis que le taillis, formé des rejets de souches, prend de son côté son accroissement normal.

Durant les premières années, la double végétation des réserves et des rejets de souches s'effectue sans gêne et sans entraves, à cause de la distance qui les sépare.

Jouissant librement des influences atmosphériques, les arbres réservés étendent latéralement leurs branches, ce qui a pour résultat d'augmenter, pour chacun d'eux, la surface foliacée productrice, et de rendre par suite leur accroissement plus considérable. Lorsque le jeune taillis venu sur souches commence à se serrer et à s'élancer, et que les cimes des rejets se rapprochent des houppiers des arbres de futaie, l'influence du couvert de ces derniers commence alors à se faire sentir, pour ralentir ou arrêter la croissance du recru.

Mais la diminution de production, qui peut résulter de cette action, est, au point de vue purement forestier, largement compensée par l'augmentation de l'accroissement des réserves, résultant de la faculté qu'ont ces arbres d'étaler librement leur branchage dans les airs (1).

---

(1) Voir *Traité de l'aménagement des bois et forêts*, par DRALET, conservateur des forêts.

Dans un mémoire lu à l'Académie des sciences, dans la séance du 19 janvier 1880 (*Revue des eaux et forêts, Mai 1880*), M. Gurnaud, d'après des expériences faites sur un massif de sapins et bois feuillus (taillis) de 13 hectares, situé dans le Jura, tend à établir que « la fixation du carbone dans les futaies diminue à « mesure que le couvert du taillis devient plus intense » ; il ajoute plus loin qu'il y a une corrélation évidente entre « l'accroissement des arbres dominants « avec la consistance du couvert formé par les arbres de moindres dimensions,

En ce qui concerne les forêts traitées en taillis sous futaie, la surface foliacée active et en production sur un hectare est, en réalité, bien supérieure à la superficie du terrain lui-même, puisque d'un côté le feuillage du taillis, formé par les rejets de souche, constitue un peuplement complet qui recouvre à peu près tout le sol boisé, et qu'on a en plus le développe-loppement sphérique ou cylindro-conique des houppiers de tous les arbres réservés. Suivant leurs dimensions et leur nombre, le feuillage de ces arbres peut, dans bien des cas, représenter une surface boisée égale au tiers, ou même à la moitié de la contenance du massif lui-même.

Cette augmentation de la surface foliacée active, résultant de l'existence d'un double étage de végétation sur un même terrain, rend naturellement le mode d'exploitation des forêts en taillis sous futaie très-avantageux, sous le rapport de l'accroissement du volume de la production ligneuse.

Si on compare en effet ce genre d'exploitation, au point de vue de l'accroissement des bois, soit avec le taillis simple, soit avec la futaie, on trouve d'abord que les rejets de souches ont, pendant leur jeunesse, une végétation plus vigoureuse que les brins de semences. On voit, en outre, que les arbres réservés sont, à cause de leur espacement, dans des conditions d'accroissement maximum, et par conséquent supérieures à celles des arbres de futaie croissant en massif serré. Il en résulte donc que le taillis sous futaie doit, théoriquement, produire plus de matière que le taillis simple à cause des réserves ; et qu'il est au moins égal, sinon supérieur sous

---

« que ceux-ci soient rejets de souche ou brins de semences. » De là il en conclut :

« 2° Que l'accroissement des futaies se rallentit, bien que leurs parties vertes « s'étalent librement dans l'air atmosphérique sous l'impression directe des « rayons lumineux, lorsque le couvert inférieur formé par les arbres de moin- « dre dimension intercepte trop complètement l'accès de la lumière sur le sol « et diminue son action reflexe sur la cime et le branchage des futaies ;

« 3° Que le couvert formé par le taillis affaiblit cette action reflexe de la « lumière sur la végétation des futaies, plutôt par sa composition que de toute « autre manière, puisque, après l'éclaircie, qui supprime les rejets obliques, « les rejets verticaux que l'on conserve n'y mettent pas obstacle.

« 4° Que l'humus sous un couvert trop intense perd une partie de son effi- « cacité et présente cette analogie avec le fumier de ferme, qui, trop profondé- « ment enfoui dans la terre, se retrouve intact, mais inerte, après plusieurs « années. »

L'expérience faite ne paraît pas assez concluante et détaillée, pour qu'il soit permis d'admettre les conclusions présentées, mais qu'il est bon de faire connaître, afin que ce point puisse être étudié.

ce rapport à la futaie (1), à cause de la vigueur plus considérable des rejets de souches et du grand développement du houppier des arbres réservés.

On peut objecter, il est vrai, que les coupes successives du taillis suppriment le couvert, et arrêtent la végétation et la production ligneuse, pendant un an au moins, après chaque exploitation. Mais ce léger retard, compensé soit par la vigueur de la végétation des rejets, soit par l'exploitation de tous les brins, qui, dans les futaies, sont étouffés sans profit par le couvert, ne se produit en réalité qu'à des périodes assez éloignées, et ne paraît dès lors pas de nature à diminuer notablement les avantages de ce genre d'exploitation, au point de vue de l'accroissement des massifs boisés. D'un autre côté, il importe d'ajouter que les arbres réservés, fructifiant en abondance, assurent le rajeunissement du taillis, en y propageant les brins de semences, préférables aux rejets de souches comme baliveaux.

Le seul reproche qu'on puisse adresser au mode de traitement en taillis sous futaie est de n'être applicable qu'aux forêts situés dans un très-bon sol. Cette condition est, en effet, indispensable pour permettre à la futaie et au taillis de conserver une végétation vigoureuse, attendu que les exploitations réitérées et rapprochées favorisent, moins que l'état serré de la futaie, l'amélioration et la fertilisation progressive du sol.

C'est probablement à l'inobservation de cette condition essentielle, et aux conséquences naturelles résultant de l'application de ce régime à des forêts situées dans des terrains défavorables, que l'on doit attribuer les critiques dont ce genre d'exploitation a été l'objet. Les divergences d'opinion, sur la production ligneuse des forêts traitées en taillis sous futaie, proviennent peut-être aussi de ce que les expériences faites, à ce sujet, ont porté sur des massifs croissant sur des sols de fertilité différente ou insuffisante.

---

(1) Si on compare la surface foliacée d'un taillis sous futaie, à celle d'une futaie peuplée en essences *feuillues*, dont les houppiers sont en général arrondis et dont par conséquent la surface supérieure du couvert est seulement mamelonnée, il semble que l'avantage est en faveur du taillis. Mais il n'en est pas de même des futaies résineuses, parce que, à cause de la forme particulièrement conique des houppiers, la surface externe du couvert parait présenter un développement foliacé très-considérable, égal ou supérieur même à celui d'un massif de taillis sous futaie.

Voir ci-après les tableaux de la production ligneuse des massifs boisés.

Enfin, puisqu'il est reconnu que la futaie améliore le terrain, il semble dès lors opportun de conserver dans les taillis le plus grand nombre possible d'arbres de réserves, de manière à créer pour ainsi dire des futaies sur taillis. Ce résultat doit être cherché, dussent même les rejets de souche en souffrir un peu, et paraître écrasés sous le couvert, parce que la fertilisation du fonds, qui en sera la conséquence, augmentera en définitive la vigueur de la végétation, et par suite l'accroissement général du massif boisé.

Section II. — Production ligneuse des massifs boisés.

§ 1. — *De la production ligneuse, en général, dans les futaies et dans les taillis simples et composés.*

La production ligneuse des massifs boisés est évidemment un fait spécial, subordonné à une foule de circonstances locales. La détermination de cette production doit néanmoins être l'objet de quelques observations particulières, parce que cette étude peut servir à élucider certains principes relatifs à l'exploitation des forêts.

Mais avant d'énoncer les résultats d'expérience obtenus sur ce point, il importe de faire remarquer, que l'impossibilité de constater l'époque précise de l'apparition des jeunes plants, destinés à former un massif forestier, entraîne l'impossibilité matérielle et absolue de reconnaître et de déterminer l'âge exact d'un arbre sur pied, croissant au milieu d'un bois venu de semis naturel. Il en résulte que, dans la plupart des expériences et des observations forestières, les âges indiqués pour les massifs boisés ne doivent être acceptés que comme des indications générales et moyennes, et non pas comme des chiffres exacts et absolus.

Les arbres émettent chaque année une certaine quantité de feuilles et acquièrent en même temps une nouvelle couche ligneuse, dont la formation est en raison directe des fonctions des organes foliacés. Or, il résulte des expériences faites par M. Bartels, dans le duché de Brunswick, que des peuplements de futaie de hêtre, placés dans les mêmes conditions géologiques, produisent, chaque année, une quantité de feuilles à

peu près uniforme (1), à partir de l'âge de leur plus grand accroissement annuel, jusqu'à l'époque de leur exploitabilité. Le tableau ci-dessous résume, d'après M. Claude Vignon, les résultats de ces expériences.

ESSENCE.	NATURE des TERRAINS.	AGE du PEUPLEMENT	NOMBRE de tiges PAR HECTARE	POIDS des feuilles desséchées tombées par hectare	
Hêtre....	Formation jurassique	50 à 55 ans	2200	4388 kil.	moyenne 4501 kil.
		70 à 80 ans	560	4664 kil.	
		80 à 90 ans	600	4472 kil.	
		90 à 100 ans	360	4480 kil.	
	Grès bigarré	45 à 55 ans	1800	5112 kil.	5133 kil.
		65 à 75 ans	1040	5180 kil.	
		70 à 80 ans	1080	5092 kil.	
		80 à 90 ans	1000	5092 kil.	
		90 à 100 ans	440	5180 kil.	
				moyenne génér. 4817k.	

On peut donc conclure de ces observations, que, sur une superficie boisée, le couvert et le nombre des feuilles sont indépendants du nombre et de l'âge des arbres composant le peuplement.

La production végétale annuelle d'une forêt se compose : 1° des produits foliacés ; 2° de la moyenne de tous les produits ligneux, dans lesquels il faut nécessairement comprendre ceux des éclaircis et nettoiements naturels ou artificiels. Dès lors, pour se rendre bien compte de la production ligneuse moyenne annuelle d'un hectare de forêt, il faut d'abord totaliser les produits végétaux de toute nature ; réduire ensuite toutes les substances ligneuses au même degré d'hygroscopicité ; en déduire la moyenne annuelle, et y ajouter enfin la production foliacée.

M. Ebermayer a fait ce calcul pour les forêts en futaie de la Bavière, et les résultats de ce travail intéressant sont consignés dans le tableau ci-après, qui, à titre d'exemple, donne, par hectare, le rendement moyen annuel d'une futaie peuplée en hêtre, épicéa ou pin sylvestre.

(1) Voir, page 62 et suivantes.

ESSENCES composant le massif.	AGE des BOIS.	PRODUIT principal.	SOUCHES ET RACINES (5:10:15:p.°/₀).	ÉCLAIRCIES NETTOIEMENTS (10:25:35:p.°/₀).	SOMME DES VOLUMES.	POIDS des produits à l'état *ordinaire*. Bois.	POIDS des produits à l'état *ordinaire*. Feuilles.	POIDS TOTAL de la substance végétale produite.	POIDS des produits à l'état *anhydre*. Bois.	POIDS des produits à l'état *anhydre*. Feuilles.	POIDS TOTAL de la substance végétale à l'état *sec*.	POIDS des substances organiques déduction faite des Cendres. Bois.	POIDS des substances organiques déduction faite des Cendres. Feuilles.	POIDS des substances organiques déduction faite des Cendres. Total.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		EN MÈTRES CUBES par hectare et par an.				EN KILOGRAMMES par hectare et par an.						EN KILOGRAMMES par hectare et par an.		
HÊTRE	de 30 à 60 ans	4.80	0.24	0.48	5.52	3864	4182	8046	3284	3365	6649	3251	3176	6427
	de 60 à 90 ans	3.67	0.37	0.91	4.95	3213	4094	7307	2731	3368	6099	2704	3179	5883
	de 90 à 120 ans	3.89	0.58	1.37	5.84	4088	4044	8132	3474	3270	6744	3439	3087	6526
Moyennes		» »	» »	» »	5.32	3721	4106	7827	3163	3331	6494	3131	3147	6278
ÉPICEA	de 30 à 60 ans	6.71	0.33	1.01	8.05	3622	3964	7583	3075	3369	6444	3044	3217	6261
	de 60 à 90 ans	7.28	0.73	1.82	9.83	4423	3376	7799	3749	2869	6618	3712	2740	6452
	de 90 à 120 ans	6.07	0.91	2.13	9.11	4099	3273	7372	3480	2783	6263	3445	2658	6103
Moyennes		» »	» »	» »	8.99	4048	3537	7585	3435	3007	6442	3400	2872	6272
PIN	de 25 à 50 ans	4.12	0.21	0.41	4.74	2844	3997	6841	2417	2921	5338	2393	2878	5271
	de 50 à 75 ans	5.75	0.58	1.44	7.77	4662	3491	8153	3963	3002	6965	3923	2958	6881
	de 75 à 100 ans	4.34	0.65	1.52	6.51	3906	4229	8135	3320	3636	6956	3287	3578	6865
Moyennes		» »	» »	» »	6.34	3804	3905	7709	3233	3186	6419	3201	3138	6339

L'examen et la comparaison des chiffres de ce tableau semblent permettre d'admettre, en *moyenne générale,* les conclusions suivantes :

1° Un hectare de futaie produit annuellement à peu près la même quantité de substance végétale, quelle que soit l'essence composant le peuplement ;

2° Un hectare de futaie produit à peu près annuellement le même poids de substance foliacée et ligneuse, réduites à l'état anhydre ;

3° La production foliacée annuelle, quoique différant suivant les essences (1), ne présente pas des variations proportionnelles à l'âge des bois ;

4° A égalité d'organes foliacés, c'est-à-dire de couvert, la production ligneuse annuelle d'un hectare de futaie varie peu, quel que soit l'âge, l'essence et la composition des massifs.

Ces conclusions sont d'ailleurs entièrement conformes aux principes de la physiologie végétale, indiquant que la formation ligneuse est en corrélation étroite et directe avec le développement et l'activité des organes végétaux, et principalement des feuilles. D'un autre côté, comme le développement des arbres ne s'effectue pas suivant une marche régulière, et que le couvert foliacé est susceptible d'éprouver certaines

---

(1) D'après Hartig, (*Histoire naturelle des essences forestières d'Allemagne*) la production foliacée d'un hectare de futaie est annuellement de 4674 kil. (*a*) tandis que celle d'un hectare de taillis est de 9348 kil. (*b*) D'après M. Pabst, de Darmstadt, la quantité de feuilles que fournissent par hectare et par an, les arbres à feuilles caduques varie, pour le bois de 8 à 10 ans, de 4500 à 5500 kil.; pour les conifères le produit est, par hectare et par an, de 5 à 6000 kil., pour les bois de 12 à 15 ans. (*c*)

D'après M. Burger, le mètre carré de taillis sous futaie, exploité à la révolution de 25 ans, offre, à partir de l'âge de 3 à 4 ans, le même nombre de feuilles, qui varie de 3000 à 3500, soit en poids à l'hectare de 8350 à 9730 kil. (*d*) La différence en moins, signalée pendant les premières années, provient sans doute de ce que les jeunes rejets de souche ne forment pas encore un peuplement serré et complet.

(*a*) Voir *Annales forestières* 1860, page 69.

(*b*) Le chiffre de 9348 doit se rapporter à un taillis sous futaie ; l'état, la consistance et l'âge du peuplement du taillis ne sont pas indiqués, non plus que l'état de dessication des feuilles.

(*c*) Voir *Les matières fertilisantes*, par HEUZÉ.

(*d*) D'après M. Burger, 350 feuilles de chêne représentent 1 mètre carré et 600 feuilles de chêne sèches pèsent 167 grammes.

variations, il est naturel que la formation ligneuse présente, dans ses oscillations (1), la trace de ces phénomènes.

Enfin, puisque la production ligneuse des massifs n'est pas toujours uniforme, elle doit varier, comme la marche de l'accroissement, suivant les âges des peuplements, à la suite des éclaircies naturelles ou artificielles, ou bien à cause des modifications du couvert, provenant des changements dans la forme plus ou moins conique des houppiers (2).

Le tableau ci-dessous donne, d'après les expériences faites dans le Grand Duché de Bade, le volume représentatif de l'accroissement annuel moyen à l'hectare des forêts à différents âges, et pour diverses essences, végétant dans un *bon* sol.

AGE DES BOIS.	NOMS DES ESSENCES.				
	Chêne.	Hêtre (3)	Sapin (4)	Epicéa.	Pin Sylvestre
	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.
de 1 à 40 ans	5.300 »	4.625 »	» »	»	8.025 »
de 40 à 60 ans	» 7.650	» 7.000	» »	» »	» 8.950
de 1 à 60 ans	6.083 »	5.416 »	7.766 »	8.600 »	8.333 »
de 60 à 80 ans	» 5.250	» 8.250	» 10.350	» 12.450	» 6.000
de 1 à 80 ans	5.087 »	6.125 »	8.412 »	9.562 »	7.750 »
de 80 à 100 ans	» 5.000	» 5.250	» 5.100	» 5.150	» 4.000
de 1 à 100 ans	5.700 »	5.950 »	7.775 »	8.680 »	7.000 »
de 100 à 120 ans	» 6.750	» 4.250	» 8.850	» 9 950	» 1.500
de 1 à 120 ans	5.875 »	5.666 »	7.933 »	8.891 »	6.083 »

Les indications de ce tableau font assez bien connaître la marche suivie par l'accroissement de la production ligneuse dans les massifs boisés traités en futaie. On voit que, pour les peuplements provenant de brins de semence, la production ligneuse, faible au début, s'accroît sensiblement lorsque chaque arbre se fait une cime individuelle, qui, en mamelonnant

(1) Voir tableau page 327, colonne 6.

(2) Comme le poids des feuilles est fourni par une moyenne des peuplements âgés, les indications de cette nature ne peuvent pas traduire les diverses variations du feuillage résultant du développement conique des cimes.

(3) Le produit d'un hectare de forêt de hêtre, dans les Vosges, a été évalué par M. Chevandier à 3650 kil. de bois sec, ou 5 m.c. 210.

(4) Dans la Forêt Noire, le sapin produit par hectare et par an 3900 kil. de bois sec, soit 8 m.c. 700, y compris le produit des éclaircies, évalué à 15 pour cent du bois exploité. D'aprés M. Brenot, sous-inspecteur des forêts, l'accroissement des sapins de 0m 60 c. à 2m 50 c. de tour, situés dans une forêt jardinée, est en moyenne de 0m.c. 0 47 par arbre et par an.

le couvert, augmente ainsi son développement superficiel. La production revient ensuite à l'état normal, quand, par suite de l'applatissement des cimes, le couvert foliacé reprend ses dimensions ordinaires.

Si on compare en outre la production des futaies résineuses avec celle des essences feuillues, on constate la supériorité bien marquée des premières. Ce fait peut s'expliquer par la plus grande surface du couvert résultant de la forme plus conique du houppier de chaque arbre, qui offrent ainsi individuellement un plus grand développement foliacé à l'action des influences atmosphériques (1).

Dans les meilleurs sols, on admet que la production ligneuse annuelle maximum peut être fixée par hectare, savoir :

pour le chêne à . . . . . 7 m. 700
pour le hêtre à . . . . . 7 m. 700
pour le sapin à . . . . . 13 m. — (115 ans)
pour l'épicéa à . . . . . 14 m. — (50 ans)
pour le pin sylvestre à . . . . 11 m. — (40 ans)

La production ligneuse des taillis simples et composés offre de grandes variations, et il est difficile de fournir des chiffres précis à cet égard, parce que, dans les forêts de l'espèce, le rendement dépend surtout du degré de fertilité du sol.

Hartig cite un taillis simple, situé dans un fonds convenable, qui, à la révolution de 30 ans, donnait un rendement moyen de 2 m. c. 216 par hectare et par an.

D'après M. Fortier, sous-inspecteur des forêts, les taillis composés de la forêt de Retz, aménagés à 30 ans, ont une production annuelle moyenne de 4 m. c. 266 par hectare ; ce rendement est même dépassé, dit-il, dans certaines forêts particulières, où il atteint le chiffre de 4 m. c. 932.

Si on compare la production ligneuse des futaies et des taillis, on trouve, d'après Hartig (2), que le rendement en

(1) Les indications de la stastitique forestière de 1878, sont en partie contraires à cette assertion, puisque le rendement des futaies y figure, avec les volumes ci-après, pour le rendemenl anauel moyen par hectare de futaie feuillue et résineuse.

	Bois Domaniaux	Bois Communaux
Futaie feuillue	3 mc 480	1 mc 210
Futaie résineuse . . .	2 — 170	1 — 690
Futaie mélangée . . .	3 — 020	1 — 970

(2) Extrait du *Cours élémentaire de culture de bois*, par PARADE, — Livre V, Chapitre 2. (1re édition).

matière d'un taillis simple exploité à 30 ans, et situé dans un fonds convenable, comparé à celui d'une futaie de hêtre aménagée à 120 ans est à peu près comme 4 est à 7. Mais il n'en est pas de même pour les taillis composés, ou sous futaie.

Avec ce mode d'exploitation, le rendement en matière, malgré ses variations,et ses relations avec le degré de la fertilité du sol (1), est néanmoins souvent très-considérable, parce que la surface foliacée active du couvert a un très-grand développement, comparable et parfois même supérieur à celui de certaines futaies. A défaut d'expériences *concluantes* qui, ainsi que le dit M. Tassy (2), manquent à cet égard, on est donc forcé de se contenter des indications de la physiologie végétale,qui se trouvent corroborées, jusqu'à un certain point, par les chiffres de la statistique forestière de 1878. D'après ce document, on pourrait en effet conclure que la production ligneuse des taillis sous futaie est, en ce qui concerne le volume du bois, supérieure à celle de la futaie. Voici d'ailleurs les chiffres exprimant (3) « la production « moyenne par hectare et par an pour les forêts domaniales « et communales :

	FORÊTS DOMANIALES	FORÊTS COMMUNALES
« Taillis simple	0 m. c. 770	1 m. c. 290
« Taillis composé	4 — 260	4 — »
« Futaie (4)	2 — 910	1 — 730
« Taillis en conversion de futaie	3 — 490	1 — 900

« Les taillis simples rapportent moins en volume, par hec- » tare et par an que tous les autres modes de traitement.....

(1) Les taillis sous futaies exigent un sol profond et fertile pour prospérer; lors donc qu'un massif boisé soumis à ce traitement se trouve dans des conditions convenables, sa production ligneuse doit être naturellement considérable, puisqu'elle est en rapport avec la fertilité du sol.

Quand on compare les productions ligneuses de divers massifs, cette considération à une grande importance, afin de ne pas attribuer, à un mode particulier de traitement ou d'exploitation, des résultats provenant du degré de fertilité du sol, sur lequel repose une des forêts servant de terme de comparaison.

(2) Voir *Etude sur l'aménagement des forêts* par M. TASSY.

(3) Voir *Statistique forestière de 1878* — pages 330 et suivantes.

(4) D'après la statistique forestière de 1878, les futaies du département du Doubs ont produit en 1876, en moyenne 8 m. c. 750 par hectare; dans le Jura les forêts domaniales ont fourni, pour la même année, 8 m.c.460. Ces rendements élevés et *spéciaux* à ces deux départements sont peut-être dûs à l'exploitation des nombreux chablis renversés par un violent ouragan, qui a sévi en 1876 sur les forêts de ces deux départements.

» La futaie occupe un rang intermédiaire entre le taillis simple et le taillis composé..... Le taillis composé a fourni, en 1876, le rendement le plus considérable par hectare et par an, résultat d'autant plus frappant, qu'il se présente aussi bien dans les forêts de l'Etat que dans celles des communes..... Les conversions ont produit plus que la futaie et moins que les taillis. »

Quant à la qualité de produit, elle se répartit ainsi, par hectare et par an :

	FORÊTS DOMANIALES		FORÊTS COMMUNALES	
	bois d'œuvre	bois de feu	bois d'œuvre	bois de feu
Dans les taillis simples..	0 m.c. 010	0 m.c. 760	0 m.c. 020	1 m.c. 270
Dans les taillis composés.	0 960	3 300	0 470	3 530
Dans les futaies.....	1 480	1 430	0 720	1 010
Dans les conversn de tail.	0 680	2 810	0 240	1 660

« La futaie a donc sur tous les régimes, même sur le taillis sous futaie, la prééminence sur la qualité de produits..... » Les futaies résineuses rapportent plus de bois de service » que les futaies feuillues » ainsi que le constatent les chiffres ci-après :

	FORÊTS DOMANIALES		FORÊTS COMMUNALES	
	bois d'œuvre	bois de feu (1)	bois d'œuvre	bois de feu (1)
Futaie feuillue	1 m.c. 290	2 m.c. 190	0 m.c. 230	0 m.c. 980
Futaie résineuse	1 550	0 620	1 160	0 530
Futaie mélangée	1 750	1 270	1 040	0 930

(1) Il résulte de diverses expériences que, dans un taillis sous futaie exploité à l'âge de 30 ans, la production en bois de feu, par rapport au bois d'œuvre, s'établit suivant la proportion ci-après, pour chaque essence :

	BOIS DE FEU.
Bouleau.	33 p. °/o
Charme.	50 id.
Chêne	66 id.
Hêtre	75 id.
Tremble	33 id.

Dans les futaies, cette production se répartit dans les proportions suivantes, par essence :

Epicéa.	7 p. °/o
Sapin	10 id.

Quant au revenu en argent, « dans la conservation de « Nancy, où les forêts domaniales ont produit en moyenne « 58 fr. 87 par hectare, on constate que :

le taillis simple a rapporté par hectare			13 fr. 45
le taillis composé	»	»	35 — 97
la futaie feuillue	»	»	40 — 34
la futaie mélangée	»	»	73 — 53
la futaie résineuse	»	»	158 — 93 (1)

De tout ce qui précède on peut en conclure, que la production ligneuse d'un massif boisé est très-variable ; qu'elle se modifie suivant la nature du terrain, son degré de fertilité, le genre des essences, l'âge des bois et le mode de traitement auquel les arbres sont soumis. Néanmoins, on peut aussi admettre que la production ligneuse d'un massif boisé est proportionnelle au développement foliacé des végétaux, et qu'à une surface égale de feuilles (cimes ou couvert) correspond une production ligneuse égale, indépendamment de l'âge et du nombre des arbres composant le peuplement (2).

Il reste, en outre, acquis que les rejets de souche ont un accroissement et une production ligneuse supérieure à celle des brins de semences (3) ; que les arbres prennent un plus grand accroissement lorsqu'ils se trouvent isolés, parce que leur houppier se développe davantage : c'est sans doute pour cette dernière raison que les arbres résineux, dont le feuillage forme une large zone de verdure, produisent plus de bois.

Il importe d'ajouter que, dans une futaie, où le peuplement forme lentement un massif et un couvert complet, la production lignense suit la même marche dans sa progression ; peu considérable au début, elle s'accroît peu à peu, lentement et uniformément jusqu'à son maximum. Il n'en est pas de même dans les taillis, parce que la végétation y est périodiquement modifiée à chaque coupe, par suite du changement dans l'état du couvert. Après l'exploitation, les rejets de souche espacés ne peuvent, malgré leurs tiges nombreuses et leur croissance

(1) Voir *Statistique forestière*, de 1878 pages 331 à 333 et 361.

(2) On comprend ainsi l'influence favorable des terrains en pente, au point de vue de la production ligneuse, puisque leur surface foliacée active et productrice est toujours supérieure à la superficie de la projection horizontale des terrains boisés.

(3) Cette différence est surtout bien marquée pour les essences dites à bois blanc, dont la zone d'aubier est très-développée.

vigoureuse, constituer un peuplement complet, de telle sorte que l'élaboration des produits ligneux subit naturellement un temps d'arrêt ou un ralentissement marqué. Mais comme, par suite de la vigueur de la végétation et du développement des nombreux rejets, qui se produisent autour de chaque souche, le terrain ne tarde pas à être totalement garni par le recru, il en résulte que la production ligneuse, suivant les mêmes variations, augmente considérablement, et arrive rapidement à son état normal de production moyenne. Cette progression rapidement ascendante, dans la marche de la production ligneuse des taillis, doit alors probablement compenser le retard provenant des coupes périodiques, et cela expliquerait ainsi le rendement moyen élevé de ces forêts. Enfin, comme la fertilité du sol influe considérablement sur le volume de la production ligneuse des massifs boisés, il est évident que la conservation des feuilles mortes et autres détritus, tels que litière, etc., est à, cet égard, de la plus haute importance, parce que la décomposition de ces matières constitue l'humus. Il résulte d'ailleurs des expériences faites, que l'enlèvement des litières diminue l'accroissement de la production ligneuse d'un massif de futaie de 17 a 50 pour cent, ou soit de 1 stère environ par 1000 kilogrammes de détritus enlevés (1).

§ 2. — *Détermination de la production ligneuse, ou possibilité des massifs boisés.*

Les massifs boisés produisant chaque année une certaine quantité de substance ligneuse, variable suivant la force de la végétation et les conditions de l'accroissement, il est naturel de chercher à connaître, aussi exactement que possible, la quotité moyenne de cette production, pour en faire la règle des exploitations.

Lorsque l'âge auquel les bois doivent être coupés est fixé, c'est-à-dire que la durée de la révolution est déterminée, la perpétuité d'une forêt serait assurée, si le règlement d'exploitation donnait la certitude de retrouver, à la fin de cette période, le même peuplement comprenant le même volume en matière, ou la même quantité d'arbres et de mêmes dimensions. Or ce résultat sera forcément obtenu, en limitant chaque exploi-

(1) Voir page 71, note 3; page 148, note 2; page 199, note 1.

tation annuelle à l'équivalent de la production correspondante, ou à celle de la production annuelle moyenne, établie pour toute la durée de la révolution.

Ce contingent normal des exploitations constitue la possibilité d'un massif boisé, c'est-à-dire sa capacité de fournir indéfiniment, et sans s'épuiser, le même rendement, basé sur sa production naturelle.

Les exploitations forestières portant sur des arbres isolés ou réunis en massif ne peuvent, en ce qui concerne le quantité ou la masse de la production ligneuse, être appréciées que sous deux points de vue, qui sont : le volume total des bois abattus ; ou bien la superficie du terrain boisé exploité. Quel que soit donc le genre d'exploitation adopté et les considérations culturales invoquées, la possibilité ligneuse d'une forêt devra être calculée, en prenant pour point de départ l'un de ces deux éléments d'appréciation de la production forestière, et pourra donc être basée, savoir :

1° Sur la quantité totale des bois à exploiter pendant la durée de la révolution, ou pendant une période déterminée ; c'est ce qu'on appelle la possibilité *par volume*, dans laquelle on ne tient compte, ni de l'âge, ni des dimensions que peuvent avoir les arbres, non plus que de la contenance des coupes.

2° Sur la superficie que couvrent les arbres exploités ; c'est ce qu'on appelle la possibilité *par contenance*, dans laquelle on coupe annuellement et indistinctement tous les bois compris dans une surface déterminée, sans tenir compte du volume ou de la dimension des tiges.

Toutefois, par suite de certaines circonstances spéciales, on a pu, dans certains massifs boisés, être obligé de ne pas tenir compte, dans les exploitations, du volume ligneux, et avoir intérêt à ne couper que des arbres de certaines dimensions, ou ayant seulement des qualités marchandes. La possibilité d'une forêt ne pouvait, dans ce cas, être basée que sur le *nombre d'arbres* à abattre ; or l'expérience ayant prouvé qu'il était possible de remplacer avantageusement, au point de vue cultural, la superficie de la coupe normale par le nombre d'arbres exploitables qu'elle contenait, il en résulte que la possibilité par arbre semble n'être qu'une déduction ou une modification de la possibilité par contenance.

Avec les coupes par nombre d'arbres, on exploite alors annuellement dans toute la forêt, ou dans un canton déter-

miné, un nombre fixe d'arbres d'une dimension moyenne, mais sans tenir aucun compte de l'âge des sujets, de leur volume ligneux, ou de toute autre circonstance, si ce n'est de leur état de végétation.

La possibilité par nombre d'arbres semble n'être par suite qu'une transformation de la possibilité par contenance, puisqu'elle n'a pour point de départ que la superficie occupée par les houppiers ; elle peut être, en outre, subordonnée à un minimum de dimensions, afin de restreindre les exploitations aux seuls arbres réellement exploitables.

Les différentes évaluations de la possibilité, quoique identiques au fond, sont donc très-variables, suivant leur objectif, et nécessitent des appréciations et des fixations différentes d'après la nature de la révolution, le genre des exploitations et les qualités des produits ; il est nécessaire d'entrer à cet égard dans quelques développements.

1° *Possibilité par volume.*

Ce genre de possibilité n'est employé que pour régler l'exploitation des futaies ; il s'applique soit à la durée de la révolution toute entière, soit seulement à une ou plusieurs périodes ou parties aliquotes de la révolution.

Si on voulait ne couper strictement que la quantité de bois fournie par l'accroissement annuel, la possibilité devrait être basée sur le volume total absolu du matériel ligneux de toute nature, tombant dans les exploitations. Mais pour connaître le volume ligneux annuellement formé dans un massif boisé, dont le peuplement est composé, soit de bois d'âges divers, soit d'arbres de l'âge fixé par la révolution, il faut :

1° Déterminer le volume total (tige et branches) de chaque arbre ;

2° Diviser chaque volume par l'âge correspondant de chacun des arbres du massif, ou par celui de la durée de la révolution.

La première opération, consistant dans le cubage de tout le matériel d'une forêt, ne peut s'effectuer avec exactitude, que si les arbres sont abattus. Dans ce cas, ces calculs longs et minutieux donneront des résultats certains pour le passé, et fourniront seulement des indications plus ou moins probables pour l'avenir, parce que les peuplements futurs peuvent

ne plus se trouver dans les mêmes conditions d'essence, de végétation et surtout de fertilité du sol.

Si on veut cuber les arbres sur pied, il faut alors faire usage de coëfficients, ou de tables préparées, donnant des résultats approximatifs et presque toujours variables par cantons, suivant la force de la végétation. On voit donc que, dans tous les cas, les résultats, exacts pour le passé, ne peuvent être qu'approximatifs pour l'avenir, quelle que soit l'exactitude des tables employées et des moyennes calculées.

Lorsqu'il s'agit de diviser ensuite le volume du matériel ligneux par l'âge de chaque arbre, ou par la durée de la révolution, on rencontre une double difficulté. Si les bois sont abattus, on peut alors, au moyen des couches ligneuses, arriver à connaître avec assez d'approximation l'âge de chaque tige, et calculer par suite avec exactitude la possibilité annuelle des exploitations effectuées. Dans le cas contraire, comme il est à peu près impossible de déterminer l'âge des arbres sur pied, et que les erreurs de 5, 10, 15 ans, et même davantage, sont très-faciles à commettre dans la supputation de l'âge de chaque brin, ou celle de l'âge moyen d'un massif, il en résulte que les évaluations de la possibilité, faites d'après ces bases,seront toujours fautives, en plus ou en moins.

C'est donc avec raison que Cotta, a dit, qu'aucun aménagiste n'est en état d'indiquer, avec une entière certitude, le chiffre exact de la production d'une forêt. Cela devient encore plus vrai quant, au volume des arbres sur pied, il faut ajouter celui de l'accroissement futur probable des bois, jusqu'au terme de la révolution.

On a pensé alors que la fixation de la possibilité par des moyennes suffirait à assurer la marche régulière des exploitations. Ce résultat sera,en effet,possible et réalisable dans une petite forêt bien homogène sous tous les rapports ; mais dans les grands massifs, où la fertilité des cantons varie, cet expédient aura le grave inconvénient de faire effectuer des exploitations trop fortes dans les terrains pauvres, tandis qu'elles seront insuffisantes dans les sols très-fertiles. La recherche de la possibilité annuelle moyenne est néanmoins très-bonne,à titre de renseignements pour l'avenir : elle peut fournir aussi des indications très-utiles sur la production générale de la forêt, et servir ainsi de moyen de contrôle relativement aux résultats de l'aménagement,au point de vue de l'amélioration du massif.

Les difficultés, ou les impossibilités pratiques du calcul de la possibilité d'une forêt, pour la durée totale de la révolution, ont fait restreindre l'application de ce principe aux seules coupes de régénération, et pour des périodes de 20 ou 30 ans. On fait alors le cubage de tous les arbres à exploiter, sur la portion de la forêt soumise à ce genre de coupe, et on divise ce volume, par le nombre d'années de la période, pour fixer la possibilité des coupes annuelles, sans tenir compte de l'accroissement probable des arbres. Le chiffre de la possibilité ainsi obtenu ne sert, dans ce cas, qu'à égaliser la répartition du produit des coupes pendant la période, et cette opération constitue alors une simple mesure d'ordre, mais n'est plus une opération forestière proprement dite.

L'utilité de la possibilité par volume, réduite à ces conditions, devient très-contestable au point de vue des opérations culturales ; elle peut même devenir parfois nuisible, en retardant le dégagement des jeunes semis, ou en forçant, suivant les cas, à disséminer les coupes sur de trop grands espaces.

L'égalité ainsi comprise,dans le volume des coupes, a donc en réalité pour but d'égaliser le revenu, afin d'obtenir ce qu'on appelle le produit soutenu de la forêt. Mais ce résultat est rarement atteint, parce que deux volumes égaux de substances ligneuses diffèrent bien souvent comme qualité et, par suite, comme valeur.

Aussi constate-t-on dans les prix de coupes formées d'un même volume ligneux des écarts considérables, à cause de la variation, soit du prix des bois, soit des produits que l'on peut fabriquer. L'expérience a déjà fait bonne justice de la théorie du produit soutenu, et nul ne recherche plus un chiffre de possibilité générale pour l'obtenir. L'essentiel est d'établir une succession rationnelle des coupes, de manière à ce que la production de la forêt ne soit jamais suspendue ni dépassée ; Cotta a dit d'ailleurs depuis longtemps que le produit soutenu doit être subordonné à celui de la production la plus considérable et la plus utile.

2° *Possibilité par contenance.*

La contenance, dit Cotta (1), est la base la plus certaine

(1) Voir dans le *Cours d'aménagement*, par M. NANQUETTE, la *Préface historique*, par PARADE.

pour apprécier les ressources des forêts, quant au rapport soutenu et même quant à la possibilité.

Lorsque la possibilité d'une forêt doit être calculée d'après la superficie occupée par les coupes annuelles, il peut se présenter plusieurs cas, suivant qu'il s'agit des taillis ou des futaies. D'un autre côté, un massif boisé ne doit pas seulement être considéré comme une collection d'arbres envisagés isolément, ou d'une façon abstraite ; il faut encore tenir compte de ce fait essentiel, que ces arbres naissent et croissent sur une étendue de terrain circonscrite et déterminée. Dès lors, comme la végétation dépend de la fertilité du sol, il est certain, qu'à égal degré de fertilité, les produits matériels d'un massif boisé du même âge sont entre eux dans la proportion directe de l'étendue superficielle du terrain, et qu'on peut compenser, en outre et réciproquement, le degré variable de la fertilité par une modification de la contenance des coupes.

A. Taillis.

Lorsqu'on n'a pas à se préoccuper de la régénération des massifs, ainsi que cela arrive dans les forêts exploitées en taillis simple ou composé, la fixation de la possibilité par contenance s'obtient en divisant la superficie totale de la forêt par le chiffre de la révolution adoptée, et le quotient donne l'étendue de la coupe annuelle. Il est en effet incontestable, qu'en exploitant chaque année, par exemple, le 30e d'une forêt, on trouvera toujours indéfiniment, après la première révolution, la même contenance garnie d'un peuplement âgé de 30 ans.

Si les coupes offrent peu de différences au point de vue de la fertilité du sol, la conservation de la forêt, ainsi que la rotation régulière des produits en matière et en argent se trouvera parfaitement assurée, par un règlement d'exploitation basé sur la possibilité par contenance.

Dans les coupes de l'espèce, on exploite alors, sans tenir compte du volume, les arbres de toutes dimensions, dont l'âge est généralement celui de la révolution, excepté pour les brins de semence, qui sont parfois un peu plus jeunes.

Lorsque les cantons offrent des différences notables, et inhérentes au sol lui-même, au point de vue de la fertilité, on compense ces variations par une modification proportionnelle dans la contenance des coupes.

B. Futaie.

L'application de la possibilité par contenance aux forêts traitées en futaie a été de tout temps controversée (1), et cette question n'est pas encore résolue, peut-être parce que les auteurs, qui s'en sont occupés, ont attaché trop d'importance au rapport soutenu.

La possibilité par contenance s'applique sans difficultés à toutes les coupes de nettoiement et d'éclaircie, parce que les coupes de l'espèce sont considérées comme des opérations culturales, dans lesquelles les questions de revenu ou de production ligneuse sont secondaires.

Si on appliquait les mêmes principes aux coupes pricipales ou de régénération, au lieu de les considérer comme des opérations productives devant comprendre annuellement le même volume ligneux, il est probable que les critiques, adressées à l'adoption de la possibilité par contenance dans l'exploitation des futaies, manqueraient de fondement. On ne s'explique guère que, si le rapport soutenu est une condition fondamentale de l'aménagement, on ne l'applique pas aux coupes d'éclaircies ; ou bien pourquoi, puisqu'on s'en dispense pour ces exploitations, on l'impose aux seules coupes de régénération ou principales. Pourquoi, en effet, ajouter la difficulté de la condition de l'égalité de production à des opérations forestières déjà très-délicates, dont les conditions culturales, au point de vue de la régénération, devraient à juste titre primer toutes les autres considérations.

On objecte, il est vrai, que les coupes de régénération, entraînant l'obligation de revenir plusieurs fois sur les mêmes points, ce mode d'exploitation paraît inconciliable avec une série de coupes par contenance. Cette difficulté ne se présente à l'esprit, que par suite d'une idée erronée, en songeant à appliquer aux futaies le système en usage dans les taillis.

L'application de la possibilité par contenance aux futaies doit, non pas comprendre un ordre successif et obligatoire pour chaque coupe, mais seulement une distribution des peu-

(1) Voir *Annales forestières*, septembre et décembre 1847, et février et avril 1848; *Etudes sur l'aménagement des forêts*, par M. L. Tassy, pages 273 et suivantes.

plements par parcelles ou par coupes d'égales contenances. Tout en conservant la faculté de se mouvoir dans toute l'affectation, le forestier pourra alors effectuer successivement dans chacune de ces coupes, et suivant les cas, par éclaircies, bandes, trous, jardinage, etc., les diverses opérations nécessaires pour obtenir l'ensemencement naturel du sol. Il n'est pas difficile d'imaginer et d'organiser, entre ces coupes, un roulement permettant d'effectuer, en temps opportun, les opérations culturales, tout en répartissant le mieux possible les produits annuels des exploitations pendant la période.

Dans les coupes ainsi déterminées, et assises sur le terrain afin d'assurer l'ordre et la régularité des exploitations, le forestier sera complètement dégagé de la préoccupation du rendement, ou du volume des bois à abattre ; le produit des exploitations variera sans doute d'une année à l'autre, mais il restera toujours probablement dans une limite moyenne. La seule difficulté résidera dans la détermination du nombre d'opérations à faire sur chaque coupe, afin de régler leur roulement de manière à terminer les exploitations dans la durée de la période ; mais comme ce règlement dépendra des circonstances locales, il sera toujours facile de le modifier suivant les cas et les exigences de la régénération des massifs.

Sous la simple condition de la suppression du rapport soutenu, l'application de la possibilité par contenance semble possible dans les futaies, puisque cette règle des exploitations se prêterait à toutes les combinaisons et à toutes les opérations culturales, en assurant l'ordre et la régularité des coupes.

Cette méthode aurait, en outre, l'avantage de mieux contrôler les progrès de la régénération des massifs sur chaque coupe, parce que la désignation des numéros et de l'année des exploitations donnerait au plan d'exploitation des futaies une précision complète, et analogue à celui des taillis (1).

Le mode d'aménagement, dit à tire et aire, n'a été jadis que l'application pure et simple aux futaies de la possibilité par contenance, telle qu'elle était appliquée aux taillis ; c'est-à-dire que si la révolution fixée avait une durée de 100 ou de 150 ans, on coupait chaque année le 100e ou le 150e de la

(1) Voir *Revue des eaux et forêts*, 1879. — *Aménagement des forêts en montagne*, par M. GUINIER.

contenance, de manière à retrouver, à la fin de la rotation, des bois âgés de 100 ou de 150 ans.

L'ordonnance de 1669 avait prescrit, en outre, de réserver par hectare au moins 20 arbres (baliveaux de l'âge de 100 à 150 ans), pour assurer l'ensemencement du sol. Cette méthode trop primitive, qui garantissait, il est vrai, l'ordre et la régularité dans la marche des exploitations des futaies, avait l'inconvénient de ne pouvoir se plier à toutes les circonstances diverses des essences et des peuplements ; elle a dû être abandonnée parce qu'elle n'avait pas produit partout de bons résultats culturaux, et principalement dans les massifs peuplés en essence d'ombre.

3° *Possibilité par arbres.*

A. Possibilité par nombre d'arbres.

Les inconvénients résultant de l'emploi trop exclusif des coupes à superficies fixes, ou à tire et aire, dans certaines futaies, au point de vue de la régénération et de l'ensemencement du sol, ont conduit à faire chercher des modifications au principe général de la possibilité par contenance. Dès lors, pour satisfaire aux nécessités culturales des essences d'ombre, et afin de suppléer à l'insuffisance des réserves, fixées jadis à 20 par hectare, au minimum, on a été conduit à remplacer la superficie des coupes par le nombre des arbres exploitables qu'elle renfermait, pour répartir cette quantité sur une plus grande étendue de terrain.

Sans modifier la possibilité des coupes, c'est-à-dire le matériel ligneux abattu, on a pu alors doubler ou tripler la superficie sur laquelle s'effectuait l'exploitation, et on a ainsi réduit, dans la même proportion, l'espacement des baliveaux, ou arbres réservés comme porte-graines, sauf à ramener ensuite deux ou trois fois la coupe sur le même point, pendant la durée de la révolution.

La possibilité par arbre ainsi établie, et en usage dans les forêts jardinées, n'est donc qu'une déduction et une modification de la possibilité par contenance, dans laquelle l'étendue superficielle de la coupe est remplacée par le nombre d'arbres correspondant.

Lorsqu'on veut baser le contingent des coupes annuelles

sur le nombre des arbres exploitables, il faut donc fixer d'abord la durée de la révolution ; puis déterminer quel est, dans un peuplement complet et régulier de l'âge, le nombre des arbres exploitables existant normalement sur un hectare. Si le peuplement de la forêt n'était formé que par un mélange d'arbres d'âges gradués, il faudrait alors chercher quelques arbres types, ayant bien exactement (1) l'âge d'exploitabilité, situés dans des conditions moyennes de végétation sous tous les rapports, et dont on prendrait, avec précision, la surface de la projection horizontale du houppier (2). On déduirait ensuite de cette donnée une surface type moyenne du couvert de l'arbre exploitable, qui, considérée comme hexagone régulier, servirait à diviser l'hectare, et dont le quotient donnerait ensuite avec certitude le nombre des arbres de l'espèce pouvant exister sur cette étendue.

Suivant les essences et les peuplements, on peut dans bien des cas, considérer les houppiers des arbres comme circulaires (3), ou même admettre pour leur surface le carré du diamètre (4), afin d'éviter toute espèce d'erreur.

Lorsqu'on connaît ainsi le nombre d'arbres exploitables que l'hectare peut contenir, il suffit de diviser la contenance totale de la forêt par l'âge de la révolution, pour avoir la superficie de la coupe annuelle ; en multipliant ensuite ce chiffre par le peuplement normal de l'hectare, on a la possibilité annuelle exprimée en nombre d'arbres exploitables.

Il faut remarquer, à ce sujet, que plus les arbres sont gros, c'est-à-dire plus leur tête est développée, moins l'hectare

---

(1) On doit exploiter rez-terre les arbres pris pour types, afin de compter sur la souche les couches annuelles, qui peuvent seules servir à bien déterminer l'âge exact d'un arbre. On doit prendre, en outre, avec soin les circonférences et les volumes exacts des arbres d'étude, afin d'en composer une moyenne destinée à servir de terme de comparaison et de vérification des exploitations.

(2) Au moyen d'un fil à plomb, on détermine sur le sol la projection horizontale du contour extérieur des houppiers dont, il est alors bien facile de mesurer les dimensions et les surfaces exactes.

(3) Les houppiers, calculés comme cercles, étant tangents, laissent par conséquent entre eux un espace vide, qui doit être considéré comme garni de jeunesse, et ne faisant pas partie du peuplement à exploiter.

(4) En prenant pour base du calcul le carré du diamètre du houppier, on lui donne une surface trop forte, et on diminue par suite le nombre d'arbres renfermés dans l'hectare ; mais ce mode d'estimation, très-simple et très-pratique, a le grand avantage de tenir compte des vides et d'éviter les évaluations exagérées.

peut contenir de houppiers, et plus la possibilité se trouve par suite réduite. Il en résulte, qu'à l'inverse de ce qui se produit pour la possibilité par volume, le choix de trop beaux sujets, comme arbres types, ne peut jamais donner des résultats préjudiciables à la forêt, par l'exagération du chiffre de la possibilité annuelle.

Il reste ensuite à fixer la surface réelle de la coupe, c'est-à-dire la contenance sur laquelle sera abattu, chaque année, le nombre d'arbres déterminés. Deux cas peuvent se présenter :

1° Lorsque la forêt est toute entière, complètement et uniquement soumise au jardinage simple, avec tous les âges plus ou moins confondus, on doit, par l'étude de la nature du terrain et des essences, rechercher la période nécessaire pour l'ensemencement du sol et pour laisser reposer le peuplement après le passage des exploitations, afin d'en déduire le nombre de coupes successives, qu'il convient de pratiquer pour obtenir le résultat désiré. D'autre part, comme on ne peut pas revenir trop souvent, sans inconvénient et sans dommage, dans les mêmes cantons ; que l'expérience a, à peu près, prouvé qu'il est convenable de laisser, s'écouler, entre chaque exploitation, une période de 10 à 15 ans environ, nécessaire pour permettre aux jeunes sujets de se développer, jusqu'à ce qu'ils puissent se passer d'abri et être découverts sans aucuns risques, on pourra diviser la forêt en une série de 10 à 15 coupes, qui seront parcourues successivemen par les exploitations. Si ces divisions étaient trop étendues, il serait alors convenable de partager la forêt en plusieurs séries, à moins d'allonger la période d'exploitation des coupes, dans chacune desquelles on enlèvera annuellement le nombre d'arbres exploitables (1).

---

(1) Supposons, par exemple, une forêt de 225 hectares, peuplée en hêtres et sapins, à exploiter en jardinant, à la révolution de 180 ans, et dont il faut fixer l'ordre et l'importance des coupes annuelles. On peut admettre que le peuplement normal par hectare est de 179 arbres de 2 m. de tour (*a*) ; la coupe annuelle étant de $\frac{225}{180} = 1$ h. 25, le nombre d'arbres à exploiter chaque année serait de $179 \times 1{,}25 = 223{,}75$, soit 224 en chiffres ronds.

L'étude du terrain et du climat, et les conditions de la régénération ayant fait reconnaître qu'on ne doit revenir que tous les 15 ans sur les mêmes exploitations, en divisant la révolution de 180 ans par 15 on trouve que la coupe an-

---

(*a*) Voir page 142, note 1.

Il faut observer, à cet égard, que plus l'exploitation s'étend sur une grande surface, plus souvent on revient sur les mêmes cantons ; tandis que lorsque l'enlèvement du nombre des arbres, formant la possibilité, s'effectue sur une superficie plus réduite, la période de repos laissée au peuplement s'accroît dans la même proportion.

2° Si la forêt avait été exploitée par éclaircies, et s'il fallait seulement, pendant une période fixe, enlever, en jardinant, tous les bois exploitables, on diviserait alors la contenance de l'affectation par la durée de cette période, pour avoir l'étendue de la coupe annuelle ; celle-ci serait ensuite doublée ou triplée, suivant que l'on se proposerait de revenir deux ou trois fois sur le même point. Dans cette coupe ainsi déterminée, on enlèverait ensuite, à chaque fois, le nombre d'arbres fixé par la possibilité, spécialement calculée pour cette période.

Dans les deux cas, la possibilité par arbre peut être vérifiée et contrôlée au moyen du comptage du matériel et du cubage des arbres enlevés, comparé au volume de l'arbre pris pour type (1).

La possibilité par nombre d'arbres s'applique principalement aux forêts jardinées ; elle offre, ainsi que l'a démontré M. Puton (2), l'inappréciable avantage d'assurer la conser-

---

nuelle doit être multipliée par le facteur 12 pour correspondre à cette rotation, et avoir ainsi une étendue de 1,25 × 12 = 15 h. D'un autre côté, en divisant la contenance de 225 h. par 15, on trouve que la superficie de la coupe est bien de 15 h., sur lesquels on enlèvera 224 arbres, de 2 m. de tour au minimum.

Il en résulte que la révolution de 180 ans, pour cette forêt de 225 hectares, est ainsi divisée en 12 périodes de 15 ans chacune.

Lorsque la durée de chaque période est fixée, on peut déterminer la durée de la révolution correspondante à l'étendue de la coupe et à son contingent ; par le même calcul, on pourra, si on établit d'abord l'étendue de la coupe, trouver la durée de la révolution et de la période correspondante au mode d'exploitation à adopter.

(1) Le volume des arbres n'est utile que pour vérifier ou contrôler la marche des coupes, sans pouvoir servir de base ou de point de départ pour le calcul de la possibilité par arbre. La raison en est que deux arbres, semblables quant au houppier, peuvent différer considérablement quant au volume, suivant la hauteur de leur tronc. Il est donc facile de comprendre que la possibilité par arbre ne peut avoir une base aussi variable que la hauteur de la tige et son volume, tandis que la superficie ou le développement du houppier présente plus de fixité et plus d'avantage, sous tous les rapports.

(2) Voir *Revue des eaux et forêts*, *1879*, page 337. *Détermination du revenu des forêts jardinées*, par M. PUTON.

vation et l'amélioration des forêts. Il est en effet incontestable que, dans les terrains fertiles et riches, on pourra peut-être, en enlevant un nombre fixe d'arbres de fortes dimensions, exploiter un volume ligneux supérieur au chiffre de la possibilité moyenne de la forêt, mais néanmoins inférieur à la possibilité spéciale de ce canton, qui par suite n'en sera pas appauvri.

Dans les cantons pauvres et infertiles, au contraire, les arbres enlevés ayant un volume moindre, le matériel exploité sera, par suite, forcément inférieur à la possibilité moyenne, et le peuplement, ainsi ménagé, ne pourra que s'améliorer.

Au point de vue forestier, la possibilité par arbre est donc essentiellement favorable à l'exploitation et à la gestion des massifs boisés. La seule difficulté de ce genre de possibilité consiste dans la détermination des bases du calcul; à cet égard, on pourra, dans les forêts en bon état, admettre pour les houppiers la forme hexagonale, qui donne la possibilité la plus forte ; dans les forêts ordinaires, la forme circulaire devra être adoptée, et enfin dans les forêts à améliorer, on prendra le carré du diamètre, afin de rester un peu au-dessous de la possibilité réelle. Il est également indispensable d'exploiter les coupes basées d'après le nombre d'arbres, sur des contenances fixes et assises sur le terrain, afin de ménager les cantons, et d'assurer l'ordre et la régularité des exploitations. Dans les coupes de l'espèce, on doit d'ailleurs prendre toujours et de préférence les chablis, les arbres dépérissants et mûrs, et les plus gros arbres ayant à côté d'eux des brins pour les remplacer et remplir les vides.

Dans les forêts soumises aux éclaircies périodiques, la possibilité par arbre ne peut pas être calculée pour toute la superficie du massif, mais seulement pour l'affectation de la période correspondant aux coupes de régénération.

B. Possibilité par dimension des arbres.

Par suite des difficultés de la vidange des bois, ou bien à cause de certaines exigences du commerce et de l'industrie, ou pour toute autre raison, on peut être forcé de n'exploiter que des arbres d'une dimension minimum et déterminée. Dans ce cas, la possibilité par arbre se trouve subordonnée

à la condition d'une grosseur particulière de la tige, au-dessous de laquelle les coupes sont suspendues.

Pour régler les exploitations d'après ce principe, il faut d'abord rechercher, au moyen de quelques expériences et en tenant compte des différences d'accroissement, l'âge moyen auquel les arbres arrivent à la dimension minimum fixée comme règle d'exploitabilité, afin de connaître la révolution correspondante à ce grossissement.

Lorsque la durée de la révolution est ainsi connue, on suit la marche indiquée pour déterminer le nombre d'arbres, d'un âge et d'une dimension fixés, exploitables par hectare et par an.

Toute la difficulté de ces évaluations réside dans le choix de l'arbre moyen ou type ; cette opération très-délicate exige, pour être bien réussie, une étude attentive et approfondie de toutes les conditions d'accroissement du peuplement, et une longue pratique forestière. Aussi, afin d'éviter toute exagération, sera-t-il prudent de rester toujours dans des données inférieures.

Avec ce genre de possibilité, on a d'ailleurs une double garantie en faveur de la conservation des massifs, puisque les coupes sont, d'une part, restreintes à un certain nombre d'arbres, et que ceux-ci ont, en outre, une dimension minimum obligatoire. Cette double limite empêche ainsi toute anticipation du matériel. Si à la longue les forêts, par suite d'exploitation trop prudentes, étaient surchargées de matériel, on obvierait facilement à cet inconvénient en augmentant légèrement la possibilité, dont les produits peuvent être facilement vérifiés, soit par des comptages périodiques, soit par le cubage des exploitations.

Dans certains cas, la possibilité par dimension peut devenir l'auxiliaire utile de la possibilité par nombre d'arbres ; il suffit pour cela de déterminer la grosseur minimum que peuvent acquérir les arbres à l'âge de la révolution fixée, et de limiter à cette dimension la catégorie des arbres exploitables.

Avec cette double prescription, la possibilité des futaies présenterait la plus grande facilité pour l'assiette des coupes, et la garantie de ne jamais pouvoir compromettre l'avenir des massifs, sous aucun rapport.

La fixation de cette double possibilité est d'ailleurs très-rationnelle, en ce sens que les coupes s'appliquant indivi-

duellement à chaque arbre, on saurait, à l'aspect seul de chaque tige, si le sujet doit être compris dans l'exploitation ; en cas de l'affirmative, un coup d'œil jeté sur les brins voisins achèverait de fixer le forestier sur l'opportunité de l'abatage de chaque arbre.

CHAPITRE IV

De l'Exploitation des arbres et des massifs boisés.

Section I. — Du choix des divers modes d'exploitation et de leurs conditions générales.

Les arbres isolés sont coupés suivant les besoins du propriétaire, ou bien sont soumis à des émondages ou tailles intermittentes, dont les règles d'exploitation trouveront place dans les observations relatives à l'élagage et à la taille de branches.

Les forêts s'exploitent au contraire périodiquement, et sont traitées soit en futaie, c'est-à-dire en se régénérant naturellement par semis naturels, soit en taillis, c'est-à-dire en se reconstituant par rejets de souches. La qualité des essences composant les massifs boisés impose quelquefois un mode d'exploitation, en ce sens que les arbres résineux, privés de la faculté de repousser de souches, ne peuvent être traités qu'en futaie, tandis que, pour les essences feuillues, on a le choix entre le mode d'exploitation en futaie ou en taillis. Dans ce dernier cas, la situation des forêts, la nature des essences et des produits, et surtout la qualité du sol sont les conditions déterminantes pour le choix du mode d'exploitation ; celui-ci doit avoir. en outre, pour résultat d'assurer l'amélioration du massif boisé, tout en fournissant les produits les plus avantageux sous tous les rapports.

Au point de vue cultural, il est bon de rappeler que la futaie, améliorant et fertilisant davantage les terrains, réussit dans tous les sols profonds ou fissurés, c'est-à-dire pénétrables aux racines, et même dans ceux de qualités médiocres, tels que le sable, par exemple. Pour les taillis, il faut distinguer en-

tre les taillis simples et les taillis sous futaie. Les premiers se contentent d'un terrain médiocre ; mais les taillis sous futaie, au contraire, ne donnent des produits avantageux que dans les sols profonds, fertiles et de bonne qualité.

Les terrains légers et sablonneux sont, en général, peu favorables à la croissance des taillis, soit parce qu'ils ont besoin de beaucoup de détritus végétaux pour conserver leur fertilité, soit parce que les exploitations successives, en les découvrant, les dessèchent trop,surtout dans les climats secs et chauds. Il a été d'ailleurs constaté par Pfeil que, dans les sols sablonneux, les hêtres et les chênes paraissaient perdre la faculté de repousser de souches, vers l'âge de 30 à 40 ans.

En ce qui concerne les taillis sous futaie, une condition essentielle de ce mode de traitement se rapporte au choix des réserves; on ne peut en effet adopter ce régime que pour des essences susceptibles d'une longue vitalité, et il est en outre nécessaire que la durée de la révolution soit assez longue pour permettre un choix de baliveaux élancés, vigoureux, et susceptibles de croître en futaie.

L'adoption d'une révolution convenable et pas trop courte constitue, d'ailleurs, un point très-important, parce que l'appauvrissement des bois traités en taillis est d'autant plus prompt que les exploitations sont plus rapprochées. C'est peut-être même pour cette raison, que les essences dures, et notamment les chênes, disparaissent plus vite dans les taillis coupés à l'âge de 12 ou 15 ans, que dans ceux dont la révolution est fixée à 25 ou 30 ans (1).

Section II. — Fixation de la révolution d'après l'exploitabilité des massifs boisés.

§ 1. — *De l'exploitabilité en général.*

Un massif boisé arrive à l'état d'exploitabilité lorsqu'il a

(1) Voir *La Disparition du chêne dans les forêts du nord et du nord-est de la France* par M. Bouquet de la Grye.

Comme on coupe le chêne en sève pour l'écorcer, ce mode d'exploitation pourrait ne pas être étranger au fait signalé.

M. Grandjean, conservateur des forêts, conseille l'emploi du furetage dans les taillis ruinés, pour les régénérer, en laissant le sol toujours couvert, et afin d'obtenir des arbres âgés une production plus abondante de semences.

acquis son maximum d'utilité pour le propriétaire, et on appelle révolution la durée de la période, ou le temps pendant lequel il est nécessaire de laisser croître les arbres pour qu'ils deviennent exploitables.

La fixation de la révolution, c'est-à-dire la détermination de la période ou de l'âge de l'exploitation d'un massif boisé est d'une importance capitale, au point de vuef orestier, parce que suivant le moment auquel les bois sont coupés, leur croissance, leurs produits utilisables, ainsi que leur mode de reproduction par semence ou rejets peuvent être plus ou moins modifiés. En ce qui concerne les taillis sous futaies, la possibilité de trouver de beaux baliveaux et des arbres de réserve sains et vigoureux doit aussi être prise en sérieuse considération.

L'époque de l'exploitation des arbres isolés ou en massif n'est déterminée par aucun signe caractéristique, et il n'en est pas des bois, comme d'un fruit, dont on peut reconnaître le moment de la maturité ; lorsqu'un arbre cesse de vivre, ses tissus ligneux ont souvent perdu presque toutes leurs qualités spéciales.

Les arbres ne sont,en général,coupés que pour l'utilisation de leur substance ligneuse ; aussi leur exploitation, indépendamment des considérations particulières s'appliquant aux arbres fruitiers,d'ornement et de défense,est-elle ordinairement déterminée par leurs qualités, leurs dimensions, ou leur valeur. Mais lorsqu'il s'agit d'un massif boisé, il faut, en outre, tenir compte du volume absolu ou relatif du matériel ligneux à exploiter, et du bénéfice pécuniaire que l'on peut avoir à couper les bois ou à les laisser sur pied. C'est donc d'après les circonstances afférentes à tous ces divers points de vue, que l'on peut déterminer la révolution, c'est-à-dire fixer l'époque de l'exploitation des forêts, suivant le traitement adopté en futaie ou en taillis.

Il convient cependant de rappeler que la question du revenu en matière ou en argent des bois a été l'objet de longues discussions, d'abord parce qu'on a toujours comparé les rendements du taillis et de la futaie sous le seul rapport du volume ligneux absolu ; puis, lorsqu'on a fait intervenir la comparaison des valeurs en numéraire,on a admis,à l'égard des forêts, le calcul de l'intérêt de l'argent au taux *commercial*,c'est-à-dire avec une chance aléatoire de perte pour le capital. Il en est

résulté des dissertations sans fins, relativement à l'âge auquel les massifs boisés pouvaient fournir le revenu le plus avantageux, sous tous les rapports.

Ces difficultés ressortent de la nature même des produits et du capital engagé, en ce sens qu'il est impossible, d'une part de comparer entre eux, quoique formés d'une substance identique, un même volume de bois de feu, de bois de charpente et d'industrie ; que d'un autre côté, le taux de l'intérêt *commercial* ne peut pas être appliqué directement ou par comparaison à un revenu ni à un capital immobilier, au sujet duquel il n'y a, en quelque sorte, aucun risque de perte à courir.

§ 2. — *Exploitabilité suivant la qualité ou les dimensions des bois.*

Le bois est utilisé comme combustible, ou pour les divers usages industriels.

Dès que le tronc et les branches d'un arbre sont complètement lignifiés, ils peuvent être employés comme bois de feu (1) ; néanmoins, l'expérience a fait reconnaître que les bois d'un âge moyen avaient une capacité calorifique supérieure à celle des bois trop jeunes, ou trop vieux. Trop jeunes, les tissus ligneux renferment une plus grande proportion de substance minérale et fournissent par suite beaucoup de cendres ; trop vieux, les bois noircissent au feu, brûlent mal (2) et donnent un charbon médiocre.

C'est vers l'âge de 25 à 30 ans que les arbres isolés ou en massif donnent le meilleur combustible, sous tous les rapports.

Quant au bois de service, charpente, etc., ce genre de produit ne peut être fourni que par les gros arbres, c'est-à-dire par des sujets âgés, et ayant une certaine forme ou

---

(1) Le bois de feu se débite généralement ainsi qu'il suit, suivant la dimension des tiges.

Bois de quartier (refendu)	au-dessus de 0 m. 12 c. de tour.
» rondin	de 0 m. 06 à 0 m. 12 c. de tour.
» charbonnette	au-dessus de 0 m. 06 c. de tour.
» fagot	au-dessus de 0 m. 05 c. de tour.
» bourrées	les menues branches et les ramilles.

(2) Dans la région méridionale, le chêne qui a cru sur les versants nord brûle moins bien que celui qui s'est développé à l'exposition du sud, Ce fait, encore inexpliqué, semble spécial à cette essence, et ne se manifeste pas dans le centre, ni dans le nord de la France.

une dimension déterminée (1). Lorsque les végétaux ligneux croissent en massif de futaie, leur tige est ordinairement élancée, droite, cylindrique, et régulière ; leur bois souple et élastique, peut être employé à tous les usages industriels. La durée de leur révolution peut donc être déterminée soit par l'âge correspondant à une grosseur déterminée, soit par leurs dimensions, quel que soit leur âge.

A l'état isolé, les arbres grossissent davantage, et le bois devient plus dense et plus noueux ; les courbes qu'affectent leurs tiges les font alors souvent rechercher pour les constructions navales. Suivant les essences, ces arbres ne fournissent du bois ayant les dimensions suffisantes pour la charpente, que vers l'âge de 80 à 100 et 150 ans, et au-delà.

Si les produits ligneux doivent être employés dans l'industrie, la fixation de la révolution des bois dépend de leur usage. Pour les cercles, on exploite le châtaignier à l'âge de 8 à 10 ans ; si on fait de l'écorce, la révolution de 18 à 23 ans est préférable, pour les taillis de chêne (2) ; de 30 à 40 ans, les frênes, ormes, etc., donnent du bon bois de charronnage ; on débite enfin en sciage des bois de tout âge, suivant les dimensions exigées pour les planches (3), mais le meilleur merrain est généralement fourni par les chênes de 100 à 150 ans, et ayant 1m 50 c. de tour.

On voit donc qu'en prenant la qualité ou les dimensions des bois pour règle de leur exploitation, l'âge auquel on doit les couper varie suivant les essences, la fertilité du sol et les produits. La durée de la révolution à adopter n'a alors d'autre point de départ que les convenances particulières, les besoins du commerce, la fertilité du sol ou les conditions d'accroissement permettant aux arbres d'acquérir les dimensions recherchées à des âges variables. Il résulte, en outre, des ex-

---

(1) Le débit des bois de charpente ou de service se fait ordinairement ainsi qu'il suit, par essence et par dimensions :

Chêne	petite charpente, bois de 1 m. à 1 m. 50 c. de tour.
»	grosse » » 1 m. 50 c. à 2 m. 10 c. de tour.
Résineux	petit bois, de 1 m. 20 c. à 1 m. 50 c. de tour.
»	bois moyen, de 1 m. 60 c. à 2 m. de tour.
»	gros bois, de 2 m. de tour et au-dessus.

(2) Voir *Recherches expérimentales sur les écorces à tan du chêne yeuse* par M. Antonin Rousset.

(3) Les beaux sciages de chêne sur maille ne peuvent se pratiquer que sur des arbres de 2 m. de tour et au-dessus.

périences faites en Danemarck (1) sur des rondelles de sapin et de hêtre, relativement à l'âge auquel il est bon d'opérer la coupe de ces arbres en forêt, que c'est à 40 ans qu'ils sont les plus propres à donner le meilleur produit, au point de vue de la densité de la fibre ligneuse.

§ 3. — *Exploitabilité suivant le taux d'intérêt de l'accroissement et des transactions.*

Comme pour tous les produits, le prix des bois varie d'après les conditions de l'offre et de la demande, et suit, par conséquent, toutes les fluctuations du marché ; le bois est, en outre, grevé de frais assez considérables de transport du lieu de production au lieu de consommation. Si on exploite des arbres en vue d'en retirer le prix et le revenu le plus élevé, il faut donc se tenir d'abord au courant des besoins de la consommation.

Mais cela ne suffit pas. Comme les arbres isolés ou en massif repoussent de souches, ou se remplacent par brins de semence, on doit aussi comparer le prix offert, avec le bénéfice probable que l'on peut avoir à conserver les bois sur pied, pour leur permettre d'augmenter de volume, ou d'acquérir de plus fortes dimensions ; il faut ensuite tenir compte de la valeur du jeune recru, comme revenu du terrain boisé, réalisable seulement après un certain délai. Les bois de 1, 2, 3 et 4 ans, etc., n'ont, en effet, pas de valeur vénale, mais ils ont cependant une valeur d'avenir très réelle, en ce sens que le matériel ligneux ainsi formé est un capital, qui reçoit, comme intérêt s'accumulant et se capitalisant de lui-même, les couches ligneuses constituées chaque année.

Quoique l'accroissement ou la formation ligneuse se manifeste sur toute la superficie plantée en bois, il ne s'effectue en réalité que sur les arbres eux-mêmes, et, à cet égard, les couches ligneuses annuellement produites sont le résultat direct du feuillage de l'arbre, en fonction de la tige à laquelle elles s'incorporent. On peut dès lors calculer le taux du revenu d'un massif de bois de deux façons : d'abord par rapport au sol, et au point de vue de la durée totale de la période

(1) Voir *Compte-rendu du Congrès international des sciences géographiques. 1875.*

fixée par la révolution pour l'exploitation de la forêt ; ou bien d'après le matériel sur pied, en ne considérant alors que le seul produit annuel isolément.

Dans le premier cas, et pour une surface donnée de terrain boisé, on peut trouver un produit variable, sans doute, suivant son peuplement et l'âge des bois, mais dont le taux de son revenu reste cependant fixe, pour toute la durée de la révolution. Si au contraire on ne considère que l'accroissement ligneux, par rapport aux arbres eux-mêmes et indépendamment de la superficie, le taux du revenu devient alors très variable, puisqu'il dépend du matériel capital-ligneux accumulé ou épargné, s'accroissant chaque année, et dont la première mise est la pousse d'un an. On pourrait même dire, à cet égard, que le véritable capital primitif, productif et fixe est la souche ou la graine, et que le sol, ou la superficie n'est que l'usine où ce capital se transforme, s'accumule et s'accroît chaque année, sous l'influence de la force spéciale de la végétation mise en œuvre par la fertilité du terrain.

Puisque la formation annuelle ligneuse d'un âge déterminé ne peut se produire que lorsque l'arbre est arrivé à cet âge, et qu'il a par suite acquis et conservé tout le matériel ligneux antérieurement constitué, il en résulte que chaque accroissement annuel est le produit direct, et en quelque sorte le revenu de tous les accroissements antérieurs. Pour évaluer le bénéfice que l'on peut retirer, en retardant d'année en année l'exploitation d'un massif boisé, il faut donc déterminer d'abord le taux de l'accroissement annuel, par rapport au matériel existant et capitalisé, et appliquer ensuite, à chaque formation ligneuse annuelle et future, les prix de la valeur commerciale afférents à la nature de ce produit.

Ainsi, par exemple, une graine ou une souche, qui émet une tige d'un an, doit recevoir un taux d'accroissement ligneux très-considérable, puisque de rien elle donne naissance à un jeune sujet ; mais comme la valeur vénale du plant est presque nulle, la valeur commerciale de ce produit est infime. La seconde année, si le brin double de volume, le taux d'accroissement sera de 100 pour cent du matériel préexistant, sans que sa valeur vénale soit encore appréciable. On voit donc que, au fur et à mesure de la croissance d'un brin, son taux d'accroissement diminue naturellement chaque année, tandis que la valeur vénale du bois augmente par contre peu à peu,

jusqu'à ce que la jeune plante puisse donner un produit réellement utilisable.

En ne considérant que le *capital arbre* en lui-même, voici quel est, d'après M. Brenot, sous-inspecteur des forêts (1), le taux de l'accroissement, pour les sapins, suivant leurs dimensions, et à partir d'une certaine grosseur.

m.c.	m.c.				
De 0.60	à 0.70	de tour.	22.94	pour	cent
De 0.80	à 0.90	id.	11.71		id.
De 1	à 1.10	id.	6.06		id.
De 1.20	à 1.30	id.	3.38		id.
De 1.40	à 1.50	id.	3.41		id.
De 1.60	à 1.70	id.	2.41		id.
De 1.80	à 1.90	id.	3.51		id.
De 2	à 2.10	id.	3.03		id.
De 2.20	à 2.30	id.	2.25		id.

On voit donc que la production ligneuse donne toujours un revenu assez avantageux, eu égard à la capacité productive du sol (2).

Si relativement au volume de la production ligneuse, il y a parfois peu de différence entre les futais et les taillis sous futaie, il n'en est pas de même au point de vue de la valeur des produits ; sous ce rapport, la futaie à une supériorité bien marquée, parce que le bois de charpente et d'industrie de fortes dimensions se vend à un prix généralement assez élevé. Mais il faut ajouter aussi que les futaies, situées en montagne, ont souvent leurs produits grevés, de frais de transport très-considérables, et bien supérieurs à ceux des taillis, par suite de la difficulté de charger et de transporter à d'assez grandes distances, et avec de mauvais chemins, les bois d'une certaine dimension.

Lorsqu'on fait intervenir le jeu des intérêts dans les questions forestières, on ne doit jamais oublier que si, dans le commerce, le taux de l'intérêt est de 5 à 6 pour cent, c'est parce que le capital argent y court de certains risques ; le capital ligneux immobilisé dans un massif boisé doit, au contraire, être capitalisé à un taux très-modéré, précisément parce que, exempt de toute chance de perte, il peut être considéré comme une valeur de placement sûr, et de tout repos.

(1) Voir *Revue des eaux et forêts 1880*, page 117.

(2) Voir page 197.

Enfin, si on cherche, pour une forêt, le revenu vénal le plus fort, on n'a d'autre règle que d'exploiter, à chaque instant, les bois qui se vendent le plus cher ; mais cette marche est alors inconciliable avec toute espèce de règles d'exploitation et de conservation des bois.

Il résulte de tout ce qui précède, qu'au point de vue de la réalisation du revenu des massifs boisés, il n'est pas possible d'indiquer une règle précise quelconque, et que la fixation des exploitations dépend des diverses circonstances locales et spéciales, dont il faut savoir tenir compte.

§ 4. — *Exploitabilité suivant le plus grand produit en matière.*

1° Arbres isolés.

Un arbre isolé, qui peut librement développer sa cime, croît et progresse jusqu'à sa décrépitude ; mais si son volume augmente toujours, la qualité de sa substance diminue parfois, de telle sorte que lorsque un arbre cesse de végéter, ses tissus ligneux ont souvent perdu leurs principales qualités, au point de vue de leur utilisation par l'industrie humaine. Le bois d'un arbre mort de vieillesse est ordinairement altéré par la désagrégation naturelle, ou la fermentation putride, qui attaque le cœur, c'est-à-dire les tissus les plus vieux ; en même temps, ses éléments minéraux sont, au fur et à mesure de la cessation de la végétation, résorbés au profit des dernières parties vivantes.

Lorsqu'un arbre isolé ne doit pas être remplacé, ou ne doit l'être que par un *seul* brin d'espèce semblable ou différente, on peut, au point de vue de la quantité de la substance ligneuse, en retarder l'exploitation tant que son accroissement annuel, quel qu'en soit le volume, est supposé, ou calculé (1) supérieur à la moyenne de tous ses accroissements annuels (2).

---

(1) L'accroissement, ou le volume ligneux d'un arbre ne peut être calculé qu'approximativement, tant qu'il est sur pied ; cependant, pour des arbres de même hauteur, ou dont le houppier est équivalent, si on ne fait entrer dans les données du calcul que le volume de la tige, dont on peut mesurer exactement la hauteur et la circonférence, on arrive à des résultats comparatifs assez satisfaisants.

(2) L'accroissement moyen est la moyenne tirée de tous les accroissements annuels ; il s'obtient en divisant le volume de l'arbre, ou de la tige par le nom-

Or comme le produit de l'arbre remplaçant ne peut être évalué, chaque année, qu'au volume correspondant à l'accroissement moyen, on comprend, qu'à moins de circonstances particulières se rapportant à la forme, aux dimensions, à l'utilité, ou à l'agrément, il n'y a dès lors aucun intérêt à exploiter un arbre bien venant, dont la tige n'est pas altérée, et dont la production ligneuse est, en outre, reconnue supérieure à celle du sujet qui serait planté à sa place.

On peut donc dire, qu'au point de vue du maximum de production en matière, un arbre isolé ne doit être exploité que lorsque son accroissement annuel est inférieur à son accroissement moyen.

Cette circonstance se réalise quant l'arbre fructifie abondamment, ou que son appareil foliacé diminue et fonctionne avec moins d'activité ; dans ce cas, la cime, ne s'élançant plus verticalement, perd sa forme pyramidale, et le houppier affecte une forme sphérique aplatie à sa face supérieure.

Lorsqu'on aperçoit, en outre, des branches mortes à la cime et que l'écorce, garnie de lichen, se crevasse profondément, on peut être assuré que la végétation se ralentit : l'arbre est alors sur le retour, c'est-à-dire en voie de dépérissement.

Ces différents indices de l'époque à laquelle il convient d'exploiter un arbre isolé, pour profiter de son maximum d'accroissement et de production ligneuse, ne s'appliquent pas aux arbres fruitiers, qu'il est souvent avantageux de conserver jusqu'à la fin de leur existence, ni aux arbres d'agrément, dont l'utilité s'apprécie à des points de vue tout particuliers.

2° Arbres en massif.

A. — *Futaie.*

Quoiqu'une forêt ne soit qu'une réunion d'arbres, il ne s'en suit pas que son accroissement suive la même marche que celle d'un arbre isolé.

Le brin, qui a d'abord occupé un espace de quelques centimètres carrés à sa naissance, peut couvrir ensuite, à l'époque de son complet accroissement, de 50 à 100 mètres de

---

bre des années de croissance. L'accroissement annuel moyen se calcule en additionnant les accroissements annuels successifs de différents âges, et en divisant la somme par les âges correspondants.

superficie, lorsqu'il a pu se développer librement, dans tout le cours de son existence. Mais il n'en est pas de même d'un massif de futaie. Celui-ci occupe une superficie invariable, sur laquelle croît une quantité d'arbres, inombrables au début, puis diminuant graduellement, au fur et à mesure de leur développement, jusqu'à ce qu'il n'en reste plus que le nombre nécessaire pour que leur houppier constitue un couvert complet, égal à la superficie du sol boisé. La diminution du nombre des tiges est d'ailleurs toujours compensée par l'augmentation de la croissance des survivantes.

Quand un ou plusieurs arbres d'un massif doivent être remplacés par un nombre plus considérable de jeunes plants, il faut alors évidemment calculer et comparer les différences d'accroissement de ces deux catégories de sujets, pour déterminer l'époque la plus avantageuse de l'exploitation.

On conçoit, en effet, que si l'accroissement ligneux annuel d'une forêt est devenu égal à celui de tous les jeunes plants, qui peuvent se développer sur la même surface, on a évidemment intérêt à l'exploiter, parce qu'il y a un avantage incontestable à remplacer des arbres âgés par des arbres jeunes. Cela revient à dire que tout massif boisé, uniquement destiné à produire le plus grand volume ligneux possible, doit être exploité, lorsque son accroissement annuel est devenu égal à son accroissement moyen, c'est-à-dire à celui de tous les brins susceptibles de se développer sur le même terrain. Ce massif boisé a, dans ce cas, atteint son maximum d'accroissement ligneux, au-delà duquel sa production, entrant dans une période décroissante, diminuerait nécessairement, et tendrait à devenir inférieure à l'accroissement moyen.

On sait que la formation ligneuse est en raison directe des organes foliacés fonctionnant utilement, et, qu'à égalité de cimes ou de couvert, tous les terrains boisés produisent, par conséquent, la même quantité de substance ligneuse, indépendamment de l'âge et du nombre des arbres composant le peuplement (1). Mais le feuillage des arbres, et le couvert qui en résulte, sont très-variables suivant la végétation et l'âge des bois. Dans les premières années, et jusqu'à un âge assez avancé, le couvert est assez clair; il se serre ensuite peu à peu, au fur et à mesure que le nombre des brins diminue, et que les tiges et les houppiers deviennent plus forts. Puis enfin, lorsque le

(1) Voir page 328.

massif n'est plus composé que d'arbres *faits*, dont les cimes individuelles sont bien développées, le couvert fortement mamelonné présente alors, sur la même surface, un développement foliacé plus considérable, et qui correspond à la période du maximum d'accroissement.

D'autre part, comme l'exposition à la lumière et à la chaleur d'une plus grande surface foliacée a pour conséquence ordinaire de favoriser la production des fleurs et des semences, et que la fructification des arbres en ralentit la production ligneuse, il arrive presque toujours que la période du maximum d'accroissement et de production ligneuse d'un massif est nettement indiquée par la fructification générale et abondante des arbres qui le composent.

Il résulte des études de M Ebermayer, et des expériences faites dans le Grand Duché de Bade, que, dans un *bon sol*, les âges correspondants au maximum d'accroissement sont les suivants, savoir :

Pour le hêtre (1)	à 95 ans	accroissem^t annuel	6	m. c.	300
l'épicéa	à 85 ans	id.	10	—	300
le chêne	à 77 ans	id.	6	—	500
le sapin	à 76 ans	id.	8	—	900
le pin sylvestre	à 51 ans	id.	9	—	»

Or, ces âges correspondent à peu près à ceux où commence la fructification de ces essences, et qui sont :

Pour le hêtre	de	70	à	80	ans
l'épicéa	de	50	à	60	ans
le chêne	de	60	à	80	ans
le sapin	de	60	à	70	ans
le pin	à	50	ans		

avec cette réserve, que la fructification est en général plus tardive pour les arbres croissant en massif que pour les pieds isolés (2).

---

(1) D'après les expériences de M. le forstaxator Schweiger (Autriche), et relatées par M. A. Mathieu, le plus grand accroissement du hêtre a été fixé, suivant les sols, savoir :

Sol de 1re classe,	accroissement annnel	10 m. c. 290	par hectare,	âge,	90 ans.
2e »	»	»	6 m. c. 050	»	»	90 ans.
3e »	»	»	5 m. c. 850	»	»	130 ans.
4e »	»	»	3 m. c. 650	»	»	170 ans.

(*Les forêts à l'exposition de Vienne* — 1874).

(2) Le maximum d'accroissement d'un massif ne coïncide pas avec celui des arbres isolés ; ceux-ci le devancent un peu, précisément parce que, à l'état de

Ces observations permettent, en outre, de comprendre les relations qui existent entre l'arrêt du développement des arbres, à la suite de la production des semences, avec l'aplatissement des cimes, qui a pour conséquence de réduire la surface du couvert et de ramener la production ligneuse à l'état uniforme et normal.

C'est donc lorsqu'un massif de futaie est formé d'arbres *mûrs* (1), c'est-à-dire vers l'époque de la production générale des semences, qu'il atteint son maximum de production ligneuse, et que son accroissement annuel devient égal à l'accroissement moyen. A ce moment la suppression d'un arbre, interrompant, en effet, l'homogénéité du couvert et du massif, ferait nécessairement entrer la production ligneuse dans la période décroissante.

On peut néanmoins conserver, sans inconvénient et pendant assez longtemps, un massif d'arbres de futaie ayant atteint son maximum d'accroissement, afin de permettre aux troncs d'acquérir de plus fortes dimensions. Dans ce cas, la perte que peut éprouver la production ligneuse, au point de vue du volume absolu, se trouve très-largement compensée par l'augmentation considérable de valeur qu'acquièrent les arbres d'un plus fort diamètre.

En résumé, comme l'époque de la *maturité* des arbres, c'est-à-dire de leur fructification abondante et régulière varie pour chaque essence, et dépend des diverses conditions de leur végétation, il est bien difficile de formuler à ce sujet une règle précise quelconque, d'autant que le maximum d'accroissement et de production ligneuse de chaque forêt, est toujours influencé par les circonstances particulières de terrain, de climat, de situation et d'exposition.

B. — *Taillis simples.*

L'exploitabilité des forêts traitées en taillis simple est déter-

---

massif, la végétation des arbres est plus lente. Le contraire se produit, si on compare le massif avec un des arbres qui le composent; dans ce cas l'avantage est pour le massif, qui atteint son maximum d'accroissement plus tôt que l'arbre considéré isolément, parce que ce dernier a été gêné dans sa croissance au milieu du massif.

(1) On doit considérer comme arbre *mûr*, celui qui donne de bonnes semences avec abondance et régularité, parce que c'est là l'indice d'une organisation vigoureuse et complète. Voir page 88 et suivantes.

minée par des considérations spéciales, à cause des conditions particulières de la croissance des bois de cette nature. A la différence des arbres isolés, chaque brin de taillis subit l'influence des tiges voisines et ne peut donc pas se développer librement ; d'autre part, à l'inverse de ce qui se passe dans les futaies, le nombre des souches restant à peu près uniforme, la quantité des brins formant le massif subit peu de variations.

Il faut observer que les exploitations de l'espèce sont basées sur la contenance ; il s'en suit que, dans un taillis à peuplement complet et composée de bonnes essences (1), on doit, pour la détermination du maximum de sa production, tenir compte, non seulement de l'accroissement des bois suivant les âges, mais aussi des variations de la superficie de la coupe annuelle, résultant des modifications dans la durée de la révolution, pour chaque âge différent.

Varennes de Fenille avait essayé de calculer pour les taillis, comme pour les futaies, l'époque de leur maximum d'accroissement, mais sans tenir compte, pour les bois au-dessous de 20 ans, de la hauteur que les tiges acquièrent par succession d'année, parce qu'il avait cru pouvoir compenser cet allongement avec la quantité assez considérable de petits brins étouffés sous la masse des perches plus vigoureuses. Il avait indiqué néanmoins, qu'après l'âge de 20 ans, l'accroissement en hauteur d'un taillis pouvait entrer comme un facteur utile dans les calculs, pensant que cette donnée ne ferait qu'ajouter au bénéfice de la prolongation de l'âge des coupes.

Or, l'omission de la hauteur des brins fausse tous les calculs à cet égard, attendu que toutes les tiges ne s'allongent pas partout d'une longueur égale ou proportionnelle chaque année, et qu'au-dessous de l'âge de 20 ans, il y a généralement peu de brins dominés dans les taillis bien venants. En calculant l'accroissement des taillis, avec le volume réel des tiges, c'est-à-dire en tenant compte de leur allongement vertical, on obtient les mêmes résultats que pour les futaies, et le maximum d'accroissement ligneux tombe alors à un âge très-avancé.

Aussi M. Nanquette (2) reconnaît-il que la plupart des tail-

(1) Pour les taillis peu serrés et composés d'essences médiocres, on devrait tenir compte de ces circonstances qui en permettant aux jeunes rejets de se développer très-librement, modifient alors évidemment leurs conditions d'accroissement.

(2) Voir *Cours d'aménagement des forêts*, par M. NANQUETTE, page 51.

lis, même ceux soumis aux plus longues révolutions, s'exploitent avant l'époque de leur plus grand accroissement moyen.

Comme l'exploitation des forêts en taillis se fait, en quelque sorte, en dehors des lois naturelles des végétaux, puisque les arbres n'ont pas parcouru tout le cycle de leur existence; que ce traitement est le résultat d'une combinaison économique, il semble inutile de chercher, dans les conditions normales de leur végétation, les principes qui peuvent servir de règles pour fixer la révolution de ce genre d'exploitation.

Il faut donc, sur ce point, s'en rapporter aux indications pratiques et locales.

On arrive facilement à résoudre cette question en exploitant, pour chaque forêt, des places d'essai de même étendue situées dans des conditions semblables, mais d'âges différents; on multiplie ensuite chacun des volumes de produits ligneux ainsi trouvés, par la surface obtenue comme quotient dans les divisions de la contenance totale du massif boisé par la durée des diverses révolutions, correspondantes aux âges des bois de chaque place d'essai. La comparaison de ces divers résultats permet alors de déterminer l'âge de la révolution à laquelle correspond la coupe fournissant le plus fort volume de produits matériels ligneux.

C'est ordinairement entre 20 et 30 ans (1), que les taillis donnent, en moyenne, les rendements les plus rémunérateurs; pour les écorces, et surtout pour les bois de cercles, il est cependant souvent avantageux d'adopter des révolutions plus courtes.

Malgré l'absence d'expériences directes sur ce sujet, et comme il est incontestable que, dans les massifs complets, les tiges dominées ne prennent plus d'accroissement; que tout retard d'exploitation constitue, sous ce rapport, une perte réelle de produits, on pourra, dans bien des cas, adopter pour terme de la révolution, l'âge auquel un certain nombre de brins tendent à devenir dépérissants, par suite de l'état trop serré du peuplement.

Il serait néanmoins facile de prolonger, sans inconvénients,

(1) D'après Duhamel *(De l'exploitation des bois)* l'augmentation en volume des brins de taillis est très-considérable de 20 à 30 ans; il résulte de ses expériences qu'un brin de chêne, qui à 20 ans donne un volume de 0 m. c. 040, acquiert 0 m. c. 061 à l'âge de 25 ans, et 0 m. c. 120 à l'âge de 30 ans.

la durée de la révolution, en effectuant, en temps utile, un léger nettoiement, afin d'utiliser tous les produits de l'espèce ; après cette opération, on peut alors retarder l'exploitation jusqu'à ce que le massif soit de nouveau devenu trop serré.

A partir de l'âge auquel les produits ligneux des taillis sont utilisables, ce mode d'exploitation peut être appliqué avec succès à presque tous les massifs boisés. Sans doute les produits en matière, et surtout en argent, des bois taillis sont inférieurs à ceux de la futaie ; mais la réalisation plus fréquente du revenu, et surtout l'infériorité du capital engagé compensent en partie cette moins-value, de telle sorte qu'en définitive les exploitations de taillis bien conduites sont, la plupart du temps, très-avantageuses pour les propriétaires.

C. Peuplements mélangés.

Taillis sous futaie. — Futaie sur taillis. — Futaies jardinées.

Lorsque sur une même surface se trouvent réunis et mélangés des arbres de futaie et de brins venus sur souche ou de semence, on a alors, suivant la prédominance de l'un ou de l'autre de ces peuplements, soit les taillis sous futaie, soit la futaie sur taillis ou bien encore la futaie jardinée.

Le taillis sous futaie ou la futaie sur taillis réunit, au point de vue du rendement en matière, les divers avantages de la futaie et du taillis, puisque d'une part les grands arbres peuvent développer librement leurs organes aériens, et que les rejets de souches conservent leur croissance vigoureuse. Dans ce cas, afin d'augmenter la production ligneuse, on a tout intérêt à conserver le plus grand nombre d'arbres de réserve, jusqu'à ce que le taillis en souffre et paraisse écrasé par le couvert.

Si au lieu des rejets de souches, le sol est garni de nombreux plants de semis naturels de divers âges, on a alors l'état de futaie mélangée ou jardinée, qui présente, comme dans les taillis sous futaie ou les futaies sur taillis, plusieurs étages de végétation. Dans ces peuplements, tous les arbres de futaie arrivent à leur maximum de croissance et de production ligneuse, parce que leur cime peut se développer librement en tous sens ; quant aux jeunes sujets venus de semences, leur nombre très-considérable compense parfois leur

moindre vigueur, comparée à celle des rejets de souches. On peut donc affirmer que les peuplements mélangés ou jardinés fournissent une production ligneuse considérable, puisque d'une part, tous les arbres y sont placés dans de très-bonnes conditions de végétation, et que d'un autre côté, l'état en massif serré et permanent améliore et augmente considérablement la fertilité du sol.

Il est d'ailleurs très-difficile, pour les peuplements de cette nature, d'indiquer des règles précises en vue de rechercher la période de leur exploitabilité, sous le rapport du maximum de production ligneuse, à cause de la différence d'accroissement des arbres de futaie et du taillis.

Pour ces forêts, on devra donc commencer par faire un règlement d'exploitation pour le taillis seul ; puis, on fixera la révolution des arbres de futaie, et on déterminera, suivant les circonstances, le nombre approximatif des arbres de réserves à conserver et à abattre à chaque exploitation du taillis. Il est évident que, suivant la prédominance du taillis ou de la futaie, les règlements d'exploitation devront se rapprocher des règles indiquées pour le traitement de l'une ou de l'autre nature de ces peuplements.

Section III. — Des coupes a pratiquer dans les massifs boisés.

§ 1. — *Futaies ordinaires ou régulières.*

1° Des Nettoiements.

Lorsque dans un massif le sol se trouve exposé aux influences atmosphériques, il commence à se gazonner, ou bien on voit apparaître çà et là quelques arbustes, à l'abri desquels se développent, la plupart du temps, les jeunes plants d'essence forestière. Cette leçon donnée par la nature ne doit pas être oubliée.

Si le gazon est un obstacle sérieux pour la réussite des semis naturels, il n'en est pas de même de la végétation arbustive, qui en est au contraire l'auxiliaire, lorsqu'elle ne forme pas des fourrés trop épais et trop étendus.

Les nettoiements de broussailles, arbustes ou arbrisseaux ne doivent donc être pratiqués, que lorsque leur propagation et

leur envahissement serait un danger pour les bonnes essences, principalement dans les jeunes peuplements. Dans les coupes à régénérer, il convient, au contraire, de conserver un sous-étage de végétation arbustive, pour maintenir la fraîcheur du sol, protéger les jeunes semis et empêcher le gazonnement. Un léger sous-bois, formé d'arbustes épars, constitue, surtout pour les massifs peuplés en chêne, une des circonstances les plus favorables pour la réussite des semis naturels, et qu'il faut donc conserver avec soin.

Les nettoiements rendent sans doute l'aspect des massifs plus agréable, et leur parcours plus facile ; mais tant que les arbustes ne forment pas des fourrés complets, leur conservation est plutôt utile que nuisible, au point de vue du maintien de la fraîcheur et de la fertilisation du sol. Les coupes de nettoiement, généralement improductives, ne doivent donc être pratiquées que pour dégager les jeunes peuplements, et on peut les suspendre sans inconvénient dans le massifs complets, à moins qu'il ne s'agisse de s'opposer à leur propagation et à leur envahissement.

2° Des Coupes d'éclaircie.

Au fur et à mesure de la croissance des bois, les jeunes peuplements se forment en massif complet et serré ; puis les brins s'élancent, parce que chaque tige cherche à se développer aux dépens de ses voisines : c'est la lutte pour l'existence, le combat de la vie, si bien décrit par Darwin.

Plus un massif est serré, moins chaque tige peut avoir de feuilles ; moins ces feuilles subissent l'influence de la lumière et de l'air ; et par suite, moins la formation ligneuse individuelle est considérable. L'état régulier d'un peuplement influe donc considérablement sur sa production, en ce sens que lorsque toutes les cimes des arbres se touchent et forment un couvert complet, la production ligneuse est alors inversement proportionnelle au nombre des tiges (1).

La diminution de produit, qui est la conséquence de l'état trop serré d'un massif, est plus forte pour les essences recherchant la lumière, que pour celles pouvant vivre sous un

(1) En Allemagne le dicton : *moins il y a d'arbres, plus ils ont de volume de bois* est passé à l'état d'axiome, mais il ne s'applique bien qu'à des massifs complets.

couvert léger, et supporter un peu d'ombre. Les arbres de lumière croissent ou succombent plus vite que les arbres d'ombre ; ainsi, par exemple dans un peuplement mélangé, les chênes et les pins disparaîtront, ou bien domineront les sapins et les hêtres, tandis que ces deux essences, dont les organes foliacés peuvent fonctionner à l'ombre, supporteront mieux un état serré ou un couvert moyen.

Dans un peuplement serré, tout brin dominé, et qui ne peut pas développer ses feuilles à la lumière dépérit, non parce que ses racines ne lui fournissent pas les élements nécessaires à son entretien, mais parce que, sous le couvert, ses feuilles n'élaborent pas la sève et ne la transforment pas en substance assimilable; le végétal meurt alors littéralement de faim, comme un homme dont l'estomac ne digérerait pas les aliments ingérés.

Les arbres de lumière ont besoin, pour acquérir un grand accroissement, d'être plus espacés que les essences d'ombre, et on ne peut réaliser cet état de choses que par la coupe et l'enlèvement de tous les brins surabondants ; ces tiges, en partie dominées, et destinées à disparaître par le seul effet des forces naturelles, retardent d'une part la croissance des autres plantes voisines, et représentent, en outre, un certain volume ligneux (1), qu'il est avantageux de ne pas laisser perdre sans profits.

Les éclaircies périodiques sont donc l'exécution ou l'application d'une loi naturelle : tout en constituant une opération spécialement culturale, où l'intérêt forestier doit être seul consulté, elles peuvent néanmoins fournir des produits assez importants ; en les graduant de manière à maintenir toujours un état modérément serré et un couvert convenable, on arrive ainsi, par la suppression des brins dominés et dépérissants, à activer l'accroissement d'un massif boisé, et à provoquer par suite une production ligneuse plus considérable.

Les éclaircies successives ont par conséquent pour double but, d'aider la marche naturelle de la végétation et d'utiliser tous les produits du sol.

---

(1) D'après M. Ebermayer, le produit des éclaircies et des nettoiements peut être évalué ainsi qu'il suit, comparativement aux produits principaux.

Dans un massif	de 30 à 60 ans	à 10	pour cent des produits principaux.
»	de 60 à 90 ans	à 25	» »
»	de 90 à 120 ans	à 35	» »

Ces opérations culturales sont assez délicates, d'abord parce qu'on ne peut pas les prévoir ni les prescrire longtemps à l'avance, et qu'il faut, en outre, choisir le moment opportun pour les exécuter avec succès. Il est même parfois nécessaire de faire ce travail à plusieurs reprises, comme par exemple dans les essences de lumière, qui ont besoin, dans certains cas, d'être éclaircies peu à peu, et à des intervalles rapprochés ; pour les essences d'ombre, ces opérations peuvent être retardées davantage, et plus espacées.

De même que pour toutes les opérations forestières, il faut, dans les coupes d'éclaircie, tenir compte des exigences spéciales à chaque essence, et des diverses circonstances locales telles que climat, situation, exposition, nature du sol, etc., susceptibles de les influencer.

Dans un peuplement de chêne, par exemple, quoique cet arbre aime la lumière, il convient cependant, suivant les circonstances, de conserver quelquefois le peuplement un peu serré, pour empêcher la propagation des bois blancs et bouleaux, dont la croissance rapide, surtout dans les bons sols, pourrait étouffer rapidement l'essence principale.

On peut, en définitive, résumer aux deux indications ci-après, les principes destinés à servir de guide pour ce genre d'opérations culturales forestières :

1° Enlever tous les brins qui, pour une raison quelconque (nature, âge, mode de croissance, etc.), ne peuvent pas prospérer longtemps, ou pendant une certaine période fixée, en évitant néanmoins avec soin de rompre le massif, et de trop dégarnir le sol, soit pour éloigner toute cause de dessèchement du terrain, dont la conséquence serait un ralentissement dans la croissance du massif, soit pour empêcher l'introduction des essences secondaires ou nuisibles :

2° Enlever tous les bois dominés ou dépérissants, parce que leur développement est arrêté, et qu'ils perdent de leur volume (1) et de leur valeur.

On peut donc conclure de ce qui précède, que les forêts, surtout les bois croissant en futaie, doivent être éclaircis,

(1) Les végétaux dominés, et par conséquent à l'ombre, au lieu de fixer du carbone émettent de l'acide carbonique, produit aux dépens de leur propre substance; au lieu de s'accroître, ils ont ainsi une tendance à diminuer de volume et de poids. Ce dépérissement se produit surtout chez les végétaux dont le feuillage n'est pas très-abondant.

principalement lorsque le sol est fertile, et qu'on veut en retirer tous les produits possibles ; ces opérations peuvent, au contraire, être ajournées dans les massifs dont le terrain a besoin d'être amélioré et fertilisé par les détritus ligneux de toute nature. Il sera également prudent de suspendre les éclaircies dans les peuplements situés sur les sols humides, où l'humus acide, et nuisible aux jeunes plants, pourrait se produire.

On doit, en outre, ne pas oublier, qu'en éclaircissant trop les massifs, on risque parfois de ralentir la production de l'humus, parce que les rayons du soleil, arrivant jusqu'au sol, dessèchent alors les feuilles et les végétaux herbacés, arrêtent leur décomposition, et contrarient ainsi la formation du terreau, au grand détriment de la fertilité du sol.

3° Coupes de régénération ou principales.

Après les nettoiements et les éclaircies, il faut pratiquer dans les futaies les coupes dites de régénération ou principales, lorsque les arbres arrivent à leur tour d'exploitabilité. Ces exploitations sont généralement considérées comme des coupes de produits, parce que les arbres mûrs, qui doivent être abattus, constituent, en réalité, le revenu de la forêt. C'est une erreur : ces coupes sont surtout des opérations culturales très-délicates, ayant pour but de diminuer le couvert, de manière à permettre l'accès de la lumière et de l'air d'abord en vue de favoriser la germination des semences qui tombent sur le sol, et pour donner ensuite aux jeunes plants la faculté de se développer.

On peut obtenir ces divers résultats de plusieurs manières, suivant l'état du peuplement. Si la fructification des arbres est faible, et si on craint que le sol ne soit pas suffisamment garni de semences, il convient d'éclairer et d'aérer le massif, pour obtenir d'abord que les arbres se mettent à fruit, et on commence à faire, dans ce cas, des coupes d'ensemencement par éclaircissages.

Lorsqu'au contraire le peuplement renferme des arbres produisant depuis longtemps des semences, qu'il importe de faire germer, il y a lieu d'effectuer alors des extractions d'arbres en jardinant. Ces coupes joignent, à l'avantage d'assurer la germination des graines disséminées sur le terrain, celui

d'augmenter encore la fructification des arbres voisins, et de compléter, par conséquent au besoin, l'ensemencement du sol. Dans certains cas, ces opérations peuvent être aussi effectuées au moyen de coupes établies par trous, par bandes, par bouquets ou à blanc étoc.

En ne considérant que la question économique, c'est-à-dire le revenu de la forêt, on pourrait sans doute baser la marche ou l'importance des coupes principales ou de régénération sur le volume du matériel ligneux à exploiter. Mais on ne doit pas oublier que les coupes de l'espèce ont surtout pour but de donner de l'air et de la lumière aux arbres ou aux jeunes plants ; or comme ce résultat dépend de l'enlèvement des organes feuillés, il semble que ces opérations culturales doivent principalement être calculées d'après le développement ou la dimension du houppier des arbres abattus. Il en résulte que dans les coupes de régénération, pratiquées dans les futaies, on a presque toujours avantage à conserver les plus beaux arbres droits et élancés, et à enlever les sujets bas, branchus et mal conformés.

A. — *Coupes d'ensemencement par éclaircissage.*

Ces coupes s'effectuent par la continuation lente et progressive des éclaircies ; elles doivent comprendre, le plus souvent et de préférence, les petits bois, pour finir ensuite par enlever peu à peu les gros arbres, dont les cimes constituent le véritable couvert du massif. Dans ces opérations on abat environ, dès le début, un tiers des tiges composant le peuplement existant (1), en choisissant les arbres à exploi-

(1) Les peuplements de futaies varient beaucoup quant au nombre et à la dimension des arbres. Le tableau ci-dessous donne, pour différents âges, le nombre moyen des tiges composant un peuplement complet, ainsi que la surface et le diamètre du houppier des arbres de chaque catégorie.

		Surface du houppier	Diamètre du houppier
Vers 60 ans environ	2,000 tiges, . .	5 m.c. 09	2 m. 55 c.
80 ans	1,600	6 m.c. 25	2 m. 82 c.
100 ans	1,000	10 m.c. 00	3 m. 57 c.
120 ans	700	14 m.c. 25	4 m. 26 c.
140 ans	400	25 m.c. 00	5 m. 65 c.
160 ans	250	40 m.c. 00	7 m. 14 c.
à 200 ans et au-dessus il peut y avoir 180 tig. de 2 m. de tour			8 m. 45 c.

Ces indications peuvent servir à calculer l'importance des coupes définitives.

ter de manière à interrompre le massif et le couvert, afin de faire arriver jusqu'au sol une certaine quantité d'air et de lumière.

Cette forte éclaircie, ordinairement désignée sous le nom de coupe *sombre*, quoique fournissant des produits ligneux importants a pour but principal, de favoriser la fructification des arbres (1).

Mais en éclaircissant ainsi un massif de futaie, il peut arriver que, suivant les essences, on ne fournisse pas assez de lumière pour assurer la germination des semences (2) disséminées sur le sol ou la végétation des jeunes brins, et qu'on donne cependant suffisamment de jour pour favoriser le développement des herbes. Or le gazon feutré, l'herbe épaisse est l'obstacle le plus sérieux à tout ensemencement naturel, soit en empêchant la graine de pénétrer jusqu'au sol, ou bien parce que les jeunes plants naissants sont étouffés par la croissance vigoureuse des herbes.

Il faut tenir également compte de la végétation rapide des branches ; celles-ci, en s'allongeant après cette coupe d'éclaircie, tendent naturellement à reformer le couvert et à diminuer ainsi la quantité de lumière arrivant sur le sol. Il se produit alors parfois un état de demi-jour, ou demi ombre qui, tout en provoquant la fructification des arbres, et sans entraver complètement la production des jeunes plants, est surtout extrêmement favorable à la végétation herbacée, de telle sorte que celle-ci ne tarde pas alors à envahir et à garnir tout le terrain.

Lorsque la première coupe *préparatoire* a bien réussi ; que les arbres ont fructifié ; que le sol ne s'est pas gazonné ; et que les jeunes semis naturels commencent à se montrer, on continue alors ce genre d'exploitation en enlevant, au fur et à mesure du développement des jeunes plants, la moitié des

(1) On a remarqué (voir page 88 note 2) que l'écorcement sur pied des chênes yeuses déterminait généralement leur fructification abondante. Quoique l'homme soit impuissant pour conjurer les phénomènes atmosphériques, tels que gelées ou sécheresses, qui influent si directement sur la production des graines, il y aurait peut-être, dans l'application du fait de l'incision annulaire de l'écorce, le germe d'une pratique susceptible de donner, dans certains cas, des résultats avantageux pour l'ensemencement des coupes de futaies. (Voir infra *Taille des arbres fruitiers*).

(2) Voir chapitre IV Section IV § 1er. *Observations sur les semis naturels.* Page 102 et suivantes.

bois restants. On abat alors les arbres dont la cime forte et étendue donne le plus d'ombre et de couvert, mais en conservant encore quelques vieux arbres comme porte-graines ; cette opération constitue la coupe dite *claire*. Puis enfin, lorsque tout le sol se trouve garni de jeunes plants assez forts, on effectue la coupe *définitive*, qui consiste dans l'exploitation de tous les gros arbres restants, et de ceux trop âgés pour être maintenus pendant le cours d'une nouvelle révolution.

Ces différentes coupes de régénération s'effectuent dans une certaine période, ordinairement désignée sous le nom d'affectation ; sa durée est, en général, le double de l'intervalle probable de temps qui doit séparer, sur un même point, la coupe d'ensemencement de la coupe définitive, c'est-à-dire du délai qu'il faut à un jeune peuplement pour se développer et se passer de toute espèce d'abri (1), augmenté du temps présumé nécessaire pour la production des semences.

B. — *Coupes de sélection par extraction d'arbres et en jardinant.*

Lorsque le peuplement renferme des arbres mûrs et produisant des semences ; que celles-ci, disséminées sur le sol, germent avec peine, et ne peuvent pas se développer à cause du couvert (cet état est caractérisé par la présence sur le terrain d'une certaine quantité de jeunes plants d'un an seulement), on peut alors obtenir une régénération plus rapide et plus assurée, en se conformant davantage aux exemples fournis par les lois naturelles de la végétation.

Dans une vieille futaie livrée à elle-même, après l'éclaircie naturelle, qui s'effectue par la mort et la disparition de tous les brins dominés ou moins vigoureux, le peuplement demeure complet, jusqu'à ce qu'un des vieux arbres meure.

Dans le vide occasionné par sa chûte, il se produit alors immédiatement un semis naturel abondant, et qui se développe avec vigueur ; le même fait se renouvelle çà et là, et peu à peu le vieux massif uniforme se trouve transformé en un jeune peuplement de brins d'âges différents, mais surmonté de vieux arbres, plus ou moins irrégulièrement disséminés.

Telle est la marche que suit la régénération naturelle dans les massifs boisés, et qu'il convient d'imiter, autant que pos-

(1) Voir *Etude sur l'aménagement des forêts*, par M. TASSY, conservateur des forêts.

sible, au moyen d'une coupe de sélection, ayant pour objet l'extraction de vieux arbres,choisis en jardinant dans toute la surface du canton qu'il s'agit de régénérer. A la différence de ce qui se pratique dans les éclaircies, on doit, dans ce cas, abattre de préférence les plus gros arbres, parce que leur enlèvement suffit pour faire un trou, ou bien exploiter un certain nombre d'autres arbres mûrs et contigüs, sans que le restant du massif soit modifié. Les arbres d'un âge moyen,mais qui ne peuvent vivre pendant une seconde révolution, sont ensuite enlevés en dernier lieu,sous forme de coupe définitive, lorsque tout le sol autour d'eux se trouve garni de jeunes plants.

Si on compare les insuccès nombreux et fréquents des coupes claires, au point de vue de la réussite des semis naturels, avec l'ensemencement complet qui se produit immédiatement dans la plupart des clairières formées par les chablis ou les fauldes; on sera bien forcé de reconnaître que le couvert de ces coupes doit avoir, à ce sujet, une action ou influence spéciale et encore inexpliquée,à moins d'admettre que la lumière oblique ou diffuse ne puisse pas remplacer la lumière zénitale, pour la réussite des jeunes semis naturels.

Dans les coupes claires, l'allongement de toutes les branches, en resserrant trop vite le couvert, est-il une des causes d'insuccès de ces opérations forestières; faut-il attribuer l'absence de régénération à l'état trop nu du sol, sous un couvert complet, ou bien encore à l'absence d'un sous-étage de végétaux, qui favorise en général le développement des jeunes plants, ou même à la réunion plus ou moins complète de ces diverses circonstances? L'absence d'expérience ne permet pas encore de se prononcer d'une façon catégorique à cet égard. Mais quelle que puisse en être la véritable raison, il est incontestable que la continuation des coupes progressivement éclaircies, dites sombres, claires ou préparatoires à l'ensemencement, et pratiquée dans les massifs de futaie régulière, produit souvent plus d'herbes que de plants; tandis que le résultat inverse se manifeste dans les trous ou clairières résultant de l'abatage des vieux arbres, où le réensemencement naturel s'effectue très-vite et complètement.

Dans toutes les coupes de régénération, il est donc préférable d'enlever, çà et là, et par une espèce de sélection faite en jardinant, un certain nombre de gros arbres, de manière à

ouvrir dans le massif une quantité de trous, qui se garniront rapidement en semis naturel, et qui, par leur multiplication successive et de proche en proche, faciliteront ainsi singulièrement le repeuplement complet du sol.

Ce mode d'exploitation en jardinant présente d'ailleurs moins de difficultés que la continuation des éclaircies, et donnera certainement des résultats plus assurés. Les massifs moins ouverts offrent, dans ce cas, plus de résistance aux phénommènes atmosphériques ; ils sont moins exposés à l'envahissement des essences secondaires, et le sol, conservant mieux sa fraîcheur, se trouve par suite dans de meilleures conditions pour la réussite des semis.

C. — *Coupes par bandes alternes ou par bouquets.*

Dans certaines futaies régulières, peuplées en essence de lumière, telles que les résineux par exemple, les coupes de régénération peuvent être établies par bandes étroites et alternes, c'est-à dire intercalées avec des bandes de bois non exploitées, ou bien avec des bouquets d'arbres régulièment distribués dans les cantons à régénérer, mais en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter les dégâts que pourraient occasionner les orages ou les vents violents.

Il est d'ailleurs indispensable, en ce qui concerne l'assiette de ces coupes, d'avoir égard à la direction des vents régnant, afin que les semences légères soient naturellement transportées dans les parties exploitées, et que les cantons de bois conservés puissent servir d'abri aux jeunes peuplements.

Pour les mêmes motifs, il est toujours avantageux de conserver un rideau de bois au sommet des pentes, parce que cette disposition facilite le repeuplement des versants, au moyen des graines qui tombent des parties supérieures.

D. — *Coupes à tire et aire, avec réserves.*

Les futaies étaient jadis exploitées à tire et aire, avec une réserve minimum de 20 baliveaux de l'âge par hectare, et de tous les brins de semence trop jeunes pour être coupés. Ce genre d'exploitation s'appliquait principalement aux massifs peuplés en chênes ; les futaies de hêtres et de sapins étaient généralement soumises au jardinage.

En outre des semis naturels provenant des arbres réservés,

l'ensemencement des coupes exploitées à tire et aire était surtout assuré par l'épandage à la main d'une grande quantité de glands.

Ce genre d'exploitation, effectué avec les précautions convenables, semble réunir toutes les conditions désirables pour la conservation et la régénération des forêts de chênes, surtout lorsque le sol est garni d'arbustes et de broussailles, parcequ'il est reconnu que ce sous étage de végétation favorise la germination des semences.

Il importe, en effet, de remarquer que le chêne est un arbre de lumière dont le jeune plant redoute le couvert, et que les futaies de cette essence s'exploitent le plus souvent à la révolution de 200 ans, et même au-delà (1). Or dans un massif de cet âge, le peuplement normal atteint rarement le chiffre de 200 arbres à l'hectare, et, dans ce cas, chaque houppier couvre alors de 50 à 55 mètres carrés environ. La réserve minimum de 20 arbres, ou baliveaux de l'âge par hectare, représente en réalité, dans ces conditions, un couvert du 1/10 de la superficie exploitée.

Si on suppose, en outre, que ces arbres de réserves, dont les houppiers ont un diamètre de 8 à 9 mètres en moyenne, sont régulièrement disséminés dans la coupe, on trouve que les extrémités des branches sont séparées par une distance de 10 à 15 mètres, et cet espacement paraît très-convenable pour des arbres de l'espèce.

La coupe à tire et aire avec réserve, surtout accompagnée d'un semis à la volée un peu abondant, serait donc, dans bien des cas,d'une application judicieuse, puis que cette pratique n'est,en réalité, que l'application des bonnes règles culturales. Mais il faudrait, suivant la durée de la révolution et la dimension des arbres, modifier le nombre des réserves, afin de le proportionner à la dimension des houppiers, et de leur assurer un espacement convenable, d'après le développement des branches.

E. — *Coupes à blanc étoc.*

Les coupes à blanc étoc sont peu usitées dans les forêts traitées en futaie, quoiqu'elles puissent, dans certains cas,

(1) Le chêne est, dit-on, 100 ans à croitre, 100 ans en état, et 100 ans à dépérir.

donner de bons résultats, suivant les essences et la situation des massifs boisés. Ce mode de coupe de régénération est, en effet, assez rationnel dans les forêts peuplées en essences résineuses, telles que les pins, dont les graines se disséminent au loin avec abondance, et dont les jeunes plants n'ont pas besoin d'abri ; il en est de même pour les bouleaux, frênes, érables, peupliers etc., et autres arbres de lumière, à graines légères.

Dans les forêts peuplées en essences d'ombre (hêtres et sapins), mais situées en montagne et sous un climat humide, la régénération peut s'effectuer parfois très-bien au moyen des coupes à blanc étoc. Il faut pour cela que le sol, au lieu de se gazonner,se garnisse immédiatement après la coupe,c'est-à-dire dès la première année, de ronces et d'arbustes, dont feuillage léger suffit pour protéger les jeunes plants produits par les graines disséminées sur le terrain. Au milieu du fouillis inextricable de cette végétation arbustive, les hêtres se développent partout très-bien ; puis, ensuite apparaissent une grande quantité de jeunes sapins, de telle sorte qu'après une période de 10 à 15 ans, un nouveau peuplement forestier très-complet commence à étouffer peu à peu tout le sous-étage d'arbustes, dont la végétation leur a permis de se développer. On voit par là que la coupe à blanc étoc ne donne de bons résultats, que dans le cas où on n'a pas à redouter le gazonnement et l'enherbement du terrain, après l'exploitation des arbres.

§ 2. — *Futaies jardinées.*

Coupes jardinatoires. — Jardinage.

Les futaies jardinées sont celles dont le peuplement est composé d'arbres de tout âge, plus ou moins mélangés et régulièrement distribués sur toute la superficie du massif boisé, et dont l'exploitation s'effectue spécialement par voie de jardinage, ou par coupe jardinatoire.

La méthode dite du jardinage, ou jardinatoire, qui a été longtemps suivie pour l'exploitation de certaines futaies, dérive évidemment de l'étude des faits naturels. Elle consiste, d'après Parade, (1) « à enlever çà et là, les ar-

(1) Voir *Cours de culture des bois* par PARADE ; *Traité des bois résineux* et *Traité de l'aménagement* par DRALET.

» bres les plus vieux, les bois dépérissant, viciés, ou secs, et
» d'autres en bon état de croissance,..... Dans ce mode d'ex-
» ploitation, qui a été plus particulièrement appliqué aux bois
» résineux, on a pour principe de ne jamais prendre que très-
» peu d'arbres à la fois sur le même point, 3 à 5 au plus par
» hectare, et d'étendre autant que possible le furetage sur
» toute la forêt. »

Lorsqu'un massif boisé est complet et que tous les arbres sont mûrs, il arrive un moment où, par une circonstance quelconque, un des sujets meurt, ou est renversé; comme cet arbre est nécessairement âgé et gros, puisqu'il fait partie d'un peuplement qui n'a pu arriver à l'état de futaie complète qu'après une longue végétation, il s'en suit que le trou, ou le vide ainsi produit dans le massif, est très-apparent.

Or, le résultat unanime de toutes les observations a fait constater que, dans ces conditions, le terrain, c'est-à-dire l'emplacement surmonté par le houppier de cet arbre, se repeuple immédiatement, et se garnit rapidement de jeunes plants vigoureux.

Voilà comment s'opère le renouvellement ou le rajeunissement des bois dans les forêts, et sous l'influence des seules forces naturelles ; c'est le même résultat que les forestiers doivent chercher à provoquer, en enlevant çà et là les arbres les plus vieux, les bois viciés ou dépérissants,

En répétant cette opération de proche en proche, et dans les diverses parties d'une forêt, on exploite alors peu à peu, d'une manière lente mais certaine, tous les arbres arrivés au terme de leur croissance, et on assure en même temps l'ensemencement naturel du sol et la conservation du massif.

Il faut remarquer que, sous les vieux arbres, le sol est en général toujours plus ou moins garni de semences, et que les plants, situés dans les trous et les petites clairières sont, en réalité, placés dans des conditions de végétation très-favorables. Parfaitement abrités de tous les côtés par le massif contre les vents froids ou violents, et garantis contre les rayons parfois dangereux du soleil levant, ou ceux trop brûlants du soleil couchant, ces jeunes sujets ont, en outre, leur feuillage directement exposé à la lumière zénitale, ce qui leur permet d'élaborer tous les sucs nécessaires à leur développement, tandis que leurs racines trouvent, dans un sol maintenu

frais par le couvert, des arbres voisins l'humidité indispensable à leur végétation vigoureuse (1).

Ces circonstances expliquent ainsi suffisamment les avantages du jardinage pour l'exploitation des futaies, et permettent de se rendre compte de l'existence et de la conservation des beaux massifs forestiers, traités par cette méthode.

Comme la pratique du jardinage varie nécessairement avec les conditions du peuplement ; que les auteurs sont en général très-concis au sujet des principes applicables à ce genre d'exploitation ; et qu'aucun d'eux n'indique surtout la manière de calculer et d'établir la possibilité par arbre d'une dimension déterminée, seule applicable aux exploitations par jardinage, M. Guinier (2) a pu dire avec raison « qu'une coupe jardi-
» natoire est une opération culturale que chacun comprend à
» sa façon, mais sur les principes de laquelle on n'est pas
» d'accord. »

Cette opinion est assez juste, car il en est à peu près d'une coupe jardinatoire comme d'une coupe de taillis sous futaie, avec cette différence, que les arbres désignés doivent être coupés, au lieu d'être réservés ; les deux opérations exigent d'ailleurs à peu près les mêmes soins, et ce n'est que d'après l'application des principes de la physiologie végétale, que l'on peut se mettre réellement d'accord sur une opération de cette nature, présentant dans la pratique des variations infinies.

Le jardinage, ni la coupe jardinatoire n'ont jamais reçu une définition bien complète et bien précise, parce qu'on n'a jamais été parfaitement d'accord sur les règles de ce genre d'exploitation. On peut, en effet, suivant l'étendue des coupes, et leur espacement ou leur retour sur les mêmes cantons, obtenir dans une futaie un mélange irrégulier de bois de tous âges, ou bien seulement une réunion de divers peuplements, variant sans doute alors par place, et par trou, mais dont la plus grande différence des âges serait limitée par la durée de la période nécessaire au repeuplement du sol.

Les principes du jardinage consistent, en réalité, dans l'enlèvement des arbres exploitables, en prenant de préférence les plus vieux et les plus gros, de manière soit à dégager les jeunes plants existant et qui peuvent remplacer les sujets

(1) Voir supra *Coupes de régénération*, page 368 et suivantes.

(2) Voir *Revue des eaux et forêts 1879 — L'aménagement des forêts en montagne*, par M. GUINIER.

abattus, soit à ouvrir de petites clairières, ou des trous disséminés çà et là, aussi régulièrement que possible dans les massifs, à l'effet d'en provoquer le repeuplement naturel. Pour faire des trous plus convenables, en vue de faciliter la régénération de la forêt, on peut enlever, suivant les cas, plusieurs arbres sur le même point, et même couper exceptionnellement des jeunes sujets ayant des dimensions inférieures à celles des arbres exploitables, en évitant cependant de donner à cette pratique le caractère d'une éclaircie destinée à régulariser les peuplements

D'après cela, il semble que les coupes par bouquet, pratiquées dans certaines forêts, ne sont, en définitive, qu'une modification des coupes jardinatoires, dans lesquelles les clairières ont seulement de plus grandes dimensions.

M. Puton, directeur de l'école forestière, énonce ainsi qu'il suit les règles culturales du jardinage (1) :

« 1° Prendre les arbres en commençant par les bois morts, » pour s'adresser ensuite aux arbres dépérissants et mûrs, » quand ils ont des voisins plus jeunes pour les remplacer ;

» 2° S'abstenir de toute éclaircie ou exploitation intermé- » diaire. Cette interdiction des éclaircies des tiges dominées, » ajoute M. Puton, est le caractère du jardinage (2), car on ne » sait jamais si une tige dominée ne sera pas appelée un jour » à remplacer un arbre de coupe (3). Elle est loin du reste de » constituer une infériorité sur le traitement des futaies plei- » nes, car ce remplissage de tige garnit toujours le sol, lui » assure une fertilité constante et prémunit le massif contre » le danger des chablis. »

Le jardinage parait donc constituer une saine application

(1) Voir *Revue des eaux et forêts 1879. — Détermination du revenu des forêts jardinées*, par M. PUTON.

(2) Les coupes d'amélioration (éclaircies) paraissent, d'aprés Saint-Yon, avoir été pratiquées dans les forêts jardinées, simultanément avec la coupe jardinatoire principale, et sur la même superficie. (Voir *Revue des eaux et forêts*, janvier 1881, *Histoire de la sylviculture*, par M. GURNAUD).

(3) L'argument invoqué par M. Puton ne parait pas concluant, attendu que si l'important pour le jardinage est de conserver des sujets, quels qu'ils soient, susceptibles de remplacer les arbres exploités, il n'est pas indispensable de conserver pour cela *tous* les brins existants. Or comme une éclaircie bien dirigée, en vue du jardinage, laissera toujours le peuplement assez serré, il est incontestable que l'on trouvera constamment, dans un massif ainsi éclairci, les arbres nécessaires pour y continuer l'application des coupes jardinatoires.

des lois naturelles ; ce mode d'exploitation, qui ne peut d'ailleurs donner que de bons résultats sous tous les rapports, semble en outre se preter, dans la pratique, à toutes les combinaisons possibles, nécessitées par la consistance des massifs boisés.

En effet, si les coupes jardinatoires s'effectuent dans les cantons peuplés d'arbres âgés, il semble que rien ne peut empêcher de pratiquer simultanément des éclaircies dans les jeunes peuplements, pendant la première partie de la durée de la révolution. En exploitant les brins surabondants, on amènerait ainsi graduellement ces massifs à un état plus complet et plus régulier, jusqu'au moment fixé pour leur régénération ; à cette époque,on y pratiquerait alors des coupes de sélection par extraction, en jardinant, ou par trous, à la place des coupes sombres ou claires, actuellement en usage, mais très-difficiles à bien faire, et dont les résultats sont surtout très-incertains.

Si le jardinage s'étend sur toute la forêt, et si la rotation des coupes comprend un intervalle suffisant pour laisser aux peuplements le temps de se refaire, on ne voit pas trop quels inconvénients il pourrait y avoir à effectuer, soit simultanément avec l'enlèvement des arbres exploitables, soit une année avant ou après leur coupe, mais toujours sur le même emplacement, une légère éclaircie, pour faire disparaître les brins dominés ou surabondants. Cette opération délicate ne doit jamais d'ailleurs comprendre les trop jeunes plants, ni ceux situés à proximité des gros arbres, qu'ils peuvent remplacer pour continuer le massif.Lorsque le peuplement renferme des bouquets de bois du même âge mais trop serrés, il ne peut y avoir qu'avantage à les éclaircir, pour tirer parti des brins qui finiraient par périr étouffés sous le couvert, et pour favoriser l'accroissement des sujets conservés.

L'essentiel dans cette opération est de maintenir le massif complet, plein et même un peu serré ; il faut surtout conserver avec soin des tiges de tous les âges, pour le remplacement des arbres tombant dans les coupes.

Enfin, comme les massifs un peu garnis de sous bois sont, au point de vue du jardinage et du repeuplement naturel, dans de meilleures conditions de végétation que ceux où le sol est nu, et où l'air circule trop facilement entre les fûts élancés, il importe d'éviter que l'éclaircie ne dégénère en un

nettoiement trop complet, qui pourrait retarder au contraire la germination des semences et le développement des jeunes plants.

Les éclaircies et les enlèvements de bois dominés, que l'on peut effectuer dans les coupes jardinatoires, diffèrent donc essentiellement des opérations similaires pratiquées dans les forêts régulières, parce qu'elles ne doivent jamais avoir pour objet de régulariser les peuplements; elles peuvent être exécutées jusqu'à l'âge de 40 à 50 ans, et ne paraissent ainsi nullement incompatibles avec le jardinage bien dirigé.

La principale objection élevée contre le jardinage provenait de l'absence de principes fixes et certains, pour le calcul et la détermination d'une possibilité raisonnée. Cette difficulté n'en est plus une (1), et il est bien facile de calculer, pour toutes les forêts et toutes les révolutions, le nombre des arbres à exploiter par hectare et par an, leur dimension minimum, ainsi que de fixer la contenance ou l'étendue des coupes annuelles. On peut même diviser les forêts jardinées en séries et en affectations, et y pratiquer aussi des comptages pour certaines périodes déterminées, afin de répartir, au besoin, la coupe des arbres d'une façon plus régulière.

Mais quel que soit le mode adopté à cet égard, il faut toujours éviter de fatiguer les peuplements par des exploitations trop réitérées, ou trop rapprochées.

La rotation de la période des coupes doit être calculée sur le temps nécessaire pour la régénération complète des trous, de manière à ce que les jeunes sujets n'aient pas à souffrir de l'enlèvement des arbres voisins. Les coupes ne doivent donc revenir sur les mêmes points que tous les 10 à 15 ans, lorsqu'on ne pratique pas de nettoiements ni d'éclaircies périodiques dans les jeunes peuplements : dans le cas contraire, on pourrait adopter pour ces coupes une rotation de 20 à 30 ans, en faisant une légère éclaircie au milieu de la période.

Avec le jardinage, on ne peut sans doute jamais être fixé sur la question de savoir si le volume ligneux enlevé correspond exactement à la production et à la possibilité ligneuse, ou si le nombre des arbres représente absolument un peuplement normal par hectare; mais en revanche on est certain de terminer l'exploitation de chaque canton dans la période fixée

(1) Voir *Possibilité par arbre et par dimension des arbres*, pages 342 et 346.

sans jamais épuiser la forêt, et en assurant d'une manière absolue l'ensemencement du sol, ainsi que la conservation des massifs. C'est là tout ce que peut désirer un forestier (1).

Le jardinage peut s'appliquer sans doute à toutes les forêts, mais il est surtout rationnel et avantageux dans les massifs peu étendus, pour les bois des régions montagneuses, ainsi que pour les essences d'ombre, et en particulier pour les futaies dans lesquelles les sapins et les hêtres dominent, ou sont mélangés dans une certaine proportion avec d'autres essences.

Enfin, pour assurer le succès des coupes jardinatoires, il ne faut pas oublier, que la possibilité en nombre d'arbres doit, en général, être accompagnée de la détermination d'une dimension minimum, au-dessous de laquelle les arbres ne sont pas abattus ; avec cette double garantie, on pourra rester parfois au-dessous de la possibilité réelle de la forêt, mais on aura du moins la certitude absolue de ne jamais compromettre l'existence ni l'avenir des massifs boisés.

§ 3. *Des taillis.*

1° De l'assiette des coupes.

Dans les forêts traitées en taillis simple, et exploitées à un

(1) Qu'on nous permette à ce sujet un souvenir personnel relatif à M. Ch. Galmiche, ancien inspecteur des forêts à Remiremont, partisan résolu du jardinage, et qui nous a donné, sur le terrain, les premières notions de cette méthode d'exploitation, lors de nos débuts comme garde général des forêts dans les Vosges, en 1857. Dans le cours d'une tournée, M. de la Bégassière, conservateur des forêts à Epinal et camarade de M. Galmiche, lui reprochait amicalement, en ma présence, de ne pas vouloir renoncer au jardinage, et de refuser d'effectuer des coupes principales d'ensemencement dans les belles sapinières de Remiremont, ainsi que dans les forêts de St-Maurice, de Bussang etc. « Que veux-tu, lui répondit M. Galmiche, la méthode des éclaircies et de l'ensemencement naturel ne m'inspire aucune confiance, et je ne l'adopterai jamais. Va voir la coupe modèle faite, il y a près de 10 ans, par les maîtres de la « science dans la forêt communale de Remiremont ; il ne s'y est produit aucun « ensemencement naturel, et si je ne l'avais pas faite repeupler artificiellement, elle serait encore vide. » Puis il ajouta : « Avec le jardinage je fais de « belles forêts ; il me semble qu'on ne peut pas demander davantage, et je « m'en tiendrai là. »

Je n'ai jamais oublié cette conversation et la réponse de mon inspecteur d'alors M. Galmiche ; ces paroles étaient le résultat d'une longue expérience et d'une pratique constante du jardinage, que justifiaient pleinement les belles sapinières de l'arrondissement de Remiremont.

âge assez jeune, on ne pratique aucune opération forestière autre que celle de l'arpentage ou de l'assiette des coupes. Celles-ci doivent se succéder de proche en proche, de manière à ce que les produits ne traversent pas les jeunes recrus qui pourraient en souffrir, et recevoir la forme la plus régulière possible. On doit avoir égard, pour la marche des coupes, à la direction des vents régnants, et, en montagne, réserver et conserver le plus longtemps possible les bois des crêtes et ceux des sommets. Dans les gorges et les pentes rapides, il est préférable de faire les coupes plutôt longues que larges, et dans le sens de la déclivité du terrain.

Les règles relatives à l'assiette des coupes s'appliquent également aux forêts traitées en taillis sous futaie, ou en futaie sur taillis.

2° Des nettoiements.

Lorsque les taillis sont exploités à l'âge de 25 ou 30 ans, on a tout intérêt, pour les bois situés dans un bon sol et dont la croissance est vigoureuse, à pratiquer, au milieu de la révolution, un léger nettoiement, pour exploiter les bois blancs, ainsi que les brins traînants, dominés ou surabondants. Cette opération, qui donne généralement des produits rémunérateurs, a surtout pour objet de favoriser sensiblement l'accroissement du massif, et le développement des bonnes essences.

3° Des réserves.

Dans les forêts exploitées en taillis, on peut conserver diverses catégories de réserves, suivant la nature des coupes et le mode de traitement appliqué, qui peut être soit le taillis simple, soit le taillis sous futaie, ou bien le taillis fureté.

A. — *Balivage dans les taillis simples.*

Dans les coupes de taillis simple, les baliveaux de l'âge sont réservés seulement en vue de la production des graines, pour arriver à remplacer les vieilles souches par des jeunes

brins de semence plus vigoureux ; les arbres de l'espèce ne sont alors destinés qu'à parcourir deux révolutions, et on les conserve le plus souvent au bord des chemins ou des clairières à regarnir.

Le nombre de ces baliveaux est indéterminé, et leur choix est subordonné aux circonstances spéciales de chaque forêt ; mais en aucun cas, d'après Parade, leur houppier ne doit recouvrir au-delà du 1/20 ou du 1/16 de la superficie des coupes.

B. — *Balivage dans les taillis sous futaie.*

Dans les coupes de taillis sous futaie, où les arbres de réserve doivent persister pendant plusieurs révolutions, leur choix, leur nombre et leur distribution doivent être l'objet d'observations spéciales.

Comme ces réserves sont destinées à devenir des arbres de futaie, sans trop gêner la croissance des taillis, « les baliveaux, » dit Parade (1), doivent être choisis parmi les pieds les plus » vifs et de la plus belle venue. En donnant la préférence aux » brins de semence,..... il faut éviter de réserver des bali- » veaux de l'âge trop grêles, eu égard à leur élévation, » parce qu'ils sont facilement ployés ou rompus par les » vents, la neige et le givre.

» Le nombre de baliveaux a réserver doit être réglé de ma- » nière que le couvert, qui en résulte, ne puisse compromet- » tre la croissance et la reproduction du taillis. C'est dire » qu'il doit varier selon les essences, le sol et les exposi- » tions.....

» On admet en principe que, immédiatement avant l'exploi- » tation, les arbres ne doivent couvrir que le 1/3, au plus, du » terrain,..... lorsque la réserve est abondante..... ce cou- » vert peut être diminué, selon les cas, jusqu'au 1/6 de la » surface. »

Voici d'après Cotta, le type d'un balivage normal par hectare, pour un taillis sous futaie aménagé à la révolution de 30 ans, et qui peut servir de guide ou d'exemple pour les opérations de l'espèce (2).

---

(1) (2) Voir *Cours élémentaire de culture des bois*, par PARADE.

RÉSERVES PAR CLASSES D'AGES	NOMBRE de RÉSERVES	COUVERT d'un ARBRE (1)	COUVERT de toutes les RÉSERVES
Vieilles écorces (150 ans)	10	60 m. car.	600 m. car.
Anciens de 1e cl. (120 ans)	20	42 —	840 —
Anciens de 2e cl. (90 ans)	30	32 —	960 —
Modernes (60 ans) . . .	40	15 —	600 —
	100		3000 m. car.

Lors de la coupe on abattrait par hectare :

Vieilles écorces (150 ans)	10
Anciens de 1re classe (120 ans). . . .	10
Anciens de 2me classe (90 ans). . . .	10
Modernes (60 ans).	10
Total	40 arbres

et on réserverait 50 baliveaux de l'âge.

Il resterait donc sur pied après la coupe :

Anciens de 1re classe (120 ans)	10	Couvert	420 m. c. q.
Anciens de 2me classe (90 ans)	20	id.	640 id.
Modernes . . . . . (60 ans)	30	id.	450 id.
Baliveaux . . . . . (30 ans)	50	»	nul
Total	110 arbres	Total	1510 mèt. carr.

Comme pendant les premières années, qui suivent la coupe, il y a toujours un certain nombre de baliveaux courbés ou brisés (10 environ), il reste alors en moyenne 100 réserves par hectare, dont le couvert varie du 1/3 ou 1/6 de la superficie.

Malgré l'autorité du nom de Cotta, on ne doit pas toujours restreindre le nombre des arbres réservés aux chiffres ci-dessus énoncés. Dans la plupart des cas, il est très-avantageux, pour le propriétaire de la forêt, d'avoir un taillis surmonté de nombreuses et belles réserves, quand bien même ces arbres paraîtraient contrarier la croissance du taillis. « Si les baliveaux bien choisis nuisent, dit Dralet, au taillis « qui les avoisine, ils indemnisent bien le propriétaire par la

(1) Ces dimensions s'appliquent à des arbres isolés et non gênés ; pour les arbres en massifs et serrés les houppiers sont moins developpés. — Voir page 163.

« plus-value qu'ils acquièrent. J'ai effectivement calculé, dans « la forêt de Lendorthe, l'étendue des terrains déboisés par « les baliveaux, ainsi que la valeur des coupes de taillis qui y « auraient été faites, si chaque exploitation eût été exécutée à « blanc étoc, et je me suis convaincu que cette valeur ne s'é- « lèverait pas à celle qu'avaient réellement les baliveaux. » Il ajoute plus loin que « les arbres extrêmement élancés ont « une tête bien proportionnée, qui ne portera jamais un om- « brage fort nuisible au taillis. » (1)

Il convient donc de réserver sans crainte tous les beaux arbres qui se trouvent dans les coupes de taillis, quand bien même leur nombre en paraîtrait exagéré ; on sait qu'au point de vue forestier, un massif ne fait que s'améliorer par le couvert des réserves, et que sous le rapport du rendement, l'accroissement de la production ligneuse des arbres isolés et l'augmentation de leur valeur en bois, compensera très-largement la petite diminution éprouvée par le taillis.

On peut il est vrai objecter, que la réserve d'un nombre exagéré d'arbres de futaie peut avoir pour résultat final d'amener la disparition du taillis, ou sa transformation en futaie plus ou moins régulière et complète. Cette conséquence d'un balivage serré, quoique parfois avantageuse au point de vue cultural, mais qui serait, en réalité, contraire à l'aménagement de la forêt, pourra toujours être facilement évitée, soit par l'exploitation spéciale des arbres surabondants, s'il y a lieu, ou mieux encore, en ayant le soin de réserver les arbres sur les points les plus favorables pour leur développement, et les moins dommageables pour le taillis.

Quoique la distribution des réserves doive être faite de manière à répartir le couvert et l'ombrage le plus également possible sur toute la superficie de la coupe, il est néanmoins préférable de choisir les arbres situés au bord des chemins, des lisières ou des vides, partout enfin où ils peuvent le moins nuire au recru. Il faut, autant que possible, éviter la réunion, sur un même point, de plusieurs arbres à houppiers volumineux, mais sans craindre cependant de réserver, le cas échéant, soit tous les rejets vigoureux d'une belle cépée, soit plusieurs brins voisins, s'ils sont bien venants et avec des branches peu développées.

(1) Voir *Traité de l'aménagement des bois et forêts* par DRALET, conservateur des forêts.

Le bon choix des réserves présente de nombreuses difficultés pratiques, lorsqu'on y procède avant l'exploitation de la coupe ; on obtiendrait un meilleur résultat, en faisant d'abord exploiter le taillis, et en réservant tous les arbres de futaie, et d'environ 100 ou 150 baliveaux de l'âge (brins de semis) par hectare. Puis, lorsqu'il ne resterait plus sur pied que ces baliveaux et la futaie, on procéderait alors à la désignation et au martelage des véritables réserves, et cette opération s'effectuerait ainsi avec tous les soins désirables.

Cette manière de procéder ne préjudicie d'ailleurs en rien à la bonne végétation du recru, lorsque les arbres de futaie à exploiter sont abattus et enlevés, avant que les souches du taillis aient émis leurs rejets.

En résumé, les arbres à réserver dans les taillis sous futaie doivent, en général, être choisis parmis les brins de semences et les sujets vigoureux, à tige droite et élancée, et peu garnis de branches. Quant aux essences, il faut préférer celles à couvert léger, dont le feuillage clair est de nature à causer le moins de préjudice au taillis, et dont le bois est surtout recherché pour les usages industriels, tels que les chênes, les châtaigniers, les ormes, les frênes, les érables, etc.

C. *Furetage des taillis.*

Dans les taillis furetés (peuplés en hêtres), la réserve doit toujours constituer un massif et un couvert suffisant pour ombrager les jeunes sujets.

Dans ces exploitations, on revient ordinairement à trois reprises dans les mêmes coupes, pendant la durée de la révolution, et on enlève chaque fois, sur les souches ou cépées, les tiges ayant les dimensions marchandes. On peut ainsi, dans chaque exploitation, enlever le 1/3 ou le 1/4 environ du matériel ligneux, sans interrompre le massif indispensable pour favoriser la production et le développement des nouvelles pousses, et des jeunes plants.

Comme les bourgeons du hêtre se produisent plus facilement à travers la jeune écorce, la coupe des perches ou lances de cette essence doit toujours se faire à 2 ou 3 centimètres au-dessus de la section précédente ; ce mode d'exploitation donne, il est vrai, aux souches une forme plus ou moins irrégulière, mais qui ne nuit en rien au peuplement.

Pour d'autres essences d'ombre,dont les bourgeons se forment facilement à travers la vieille écorce, on pourrait pratiquer la coupe rez-terre, afin de permettre aux racines d'émettre des rejets vigoureux, susceptibles de fournir une bonne production ligneuse pendant toute la révolution.

Ce genre d'exploitation, special au hêtre, favorise le repeuplement du massif, par suite de la germination des semences à l'abri du couvert continu, et donne, en réalité, des résultats très-avantageux pour la conservation des forêts de l'espèce, exploitées en taillis. C'est en quelque sorte la méthode du jardinage appliquée aux perches des cépées ; aussi peut-on dire que le furetage assure la perpétuité des taillis de hêtre, au moyen du réensemencement naturel du sol, tout en augmentant, par la conservation ininterrompue du couvert, la fertilité du sol et la production ligneuse des massifs de cette nature.

M. Grandjean, conservateur des forêts, recommande l'emploi du furetage pour régénérer les taillis ruinés, parce que ce mode d'exploitation maintient le sol toujours couvert, et permet d'obtenir, au moyen des arbres âgés, une plus abondante production de semence.

Section IV. — De l'exploitation des arbres.

§ 1. — *Coupe des tiges.*

1° Epoque favorable pour l'exploitation.

L'époque de l'exploitation des arbres a une grande importance sur la conservation des bois, et la régénération des massifs par les rejets de souches.

D'après les observations de Duhamel, l'aubier des arbres abattus en été se conserve mieux que celui des arbres coupés en hiver (1); depuis longtemps les arbres résineux sont, autant que possible, exploités pendant l'été, parce que leur bois est alors plus léger et plus blanc (2). Il est d'autre part reconnu

(1) D'après M. John Knowles et les expériences de Duhamel, le bois abattu en hiver est plus pesant, et moins sujet à se fendre.

(2) Les arbres résineux à feuilles persistantes, ne formant chaque année que le tiers de leurs feuilles, n'accumulent, pendant l'hiver, que les matériaux nécessaires à cette petite production foliacée ; c'est pour cela qu'après la forma-

que c'est après l'apparition des bourgeons et l'émission des premières feuilles, c'est-à-dire pendant les mois d'avril, mai et juin, que les arbres contiennent le moins de sève (1) et d'amidon (2).

Si on ajoute maintenant à ces diverses observations, que, par suite de l'exploitation des arbres résineux pendant l'été, l'activité végétale des feuilles, qui continue à fonctionner après la coupe de la tige, favorise l'évaporation de la sève et la disparition des matières fermentescibles ; que l'écorçage des arbres sur pied, une année avant leur abatage (3), est

---

tion de ces organes, la sève ne contenant plus alors de matières fermentescibles, le bois se dessèche mieux, et devient plus blanc et plus léger. (A. MATHIEU). Voir à ce sujet le compte rendu du congrès de Baden — *Annales forestières Tome* I, *1842*, page 30.

Les bois résineux sont écorcés immédiatement après leur abatage, autant pour faciliter leur dessication que pour éviter le ravage des insectes xylophages, qui pourraient les détériorer.

(1) Voir, à ce sujet, les expériences de Duhamel (*L'exploitation des bois*) page 337 et suivantes, et les observations d'Hartig.

(2) M. Prilleux a constaté que « le bois abattu hors sêve, pendant le repos « hibernal, contient en abondance de la fécule amassée sous forme de grains « dans les cellules soit des rayons médullaires, soit du parenchyme ligneux. « Le bois exploité en sève au contraire n'en contient pas. La propriété qu'a la « fécule de se colorer en violet, sous l'action de l'iode, permet d'en signaler « trés-aisément la présence..... Si on traite par une solution iodée une coupe « transversale de bois de chêne abattue en hiver, on voit les rayons médul- « laires apparaître sous forme de lignes foncées, à peu près de couleur d'encre, « qui se détachent sur le fond jaune, dû à la coloration par l'iode des parois « de fibres, cellules et vaisseaux du bois. Rien de pareil ne se produit sur « une tranche de bois abattu en sève. La coupe entière est uniformément « colorée en jaune. »

Cette différence de coloration peut servir à faire connaitre l'époque à laquelle les bois ont été exploités.

(3) Vitruve, chez les Romains, avait déjà indiqué qu'en écorçant les arbres une année avant leur abatage, on augmentait leur densité et leur durée.

Les expériences de Duhamel (*Exploitation des bois*) prouvent que les arbres écorcés continuent à vivre et à végéter pendant près d'un an après cette opération, et que ce traitement rend leur bois plus résistant, plus fort et plus dense. Lorsqu'on écorce un arbre sur pied, et qu'on le laisse végéter dans cet état, il pousse assez souvent des feuilles, qui sont produites aux dépens des substances alimentaires (amidon), déposées dans les cellules ligneuses ; les tissus ligneux, perdant ainsi toutes les matières fermentescibles, se trouvent par suite dans de très-bonnes conditions de conservation et de durée, et leur densité est augmentée. Mais alors l'aubier chargé de sève élaborée perd de sa qualité.

En écorçant les arbres aussitôt aprés leur abatage, on facilite l'évaporation des liquides renfermés dans les tissus et le bois devient plus sec, plus léger et se conserve mieux.

une garantie de la conservation des bois ; et enfin que, pendant l'hiver, les tissus ligneux renferment toutes les substances élaborées par les feuilles, et préparées pour la première végétation du printemps, on sera tenté de penser que la coupe des bois, destinés au service ou à l'industrie, doit être effectuée de préférence immédiatement après la production des feuilles.

En cas d'abatage pendant l'hiver, il serait peut-être alors avantageux de conserver toutes les branches aux arbres, afin de laisser ouvrir leurs bourgeons et pousser leurs feuilles, au printemps suivant.

Cette émission des organes foliacés, et l'évaporation dont ils seraient le siége, auraient alors évidemment pour conséquence d'enlever aux tissus ligneux tous les liquides, ainsi que la fécule emmagasinée dans les cellules, et seraient une sérieuse garantie pour la conservation des bois (1).

D'après les observations faites par M. John Knowles en Angleterre, les bois abattus en hiver sont plus pesants (2), plus forts, moins sujets à se tordre et à se fendre (3), que ceux abattus dans toute autre saison de l'année.

Les observations relatives à l'époque de l'exploitation, en vue de la meilleure conservation des bois de service et d'industrie, présentent peu d'intérêt pour les bois à brûler ; néanmoins, comme la combustibilité, et par suite la valeur des bois de feu est en raison de leur densité, avec le même degré de dessication, il est permis d'affirmer que l'exploitation de ces bois se fait dans des conditions plus favorables au commencement du printemps, c'est-à-dire après l'émission des premières feuilles, que dans aucune autre saison (4).

Cependant, d'après M. A. Mathieu, professeur à l'Ecole forestière, le bois ainsi traité perdrait de ses qualités et deviendrait plus cassant.

(1) Il est bien regrettable que, depuis Duhamel, aucune série d'expériences précises ne soit venue corroborer ces règles, établies d'après des déductions scientifiques, et qui étayées sur quelques faits deviendraient, pour la pratique, des principes d'une application avantageuse pour l'exploitation des massifs boisés.

(2) Les expériences de Duhamel confirment ces faits, qui s'expliquent très-bien, en ce sens que, pendant l'hiver, les bois sont gorgés de fécule et d'humidité.

(3) Les bois abattus en été se desséchant plus rapidement, à cause de l'élévation de la température, sont, par cela même, plus exposés à se fendre, que ceux coupés pendant la saison d'hiver, alors que l'évaporation des liquides contenus dans les tissus s'effectue avec plus de lenteur et de régularité.

(4) D'après les expériences citées par Baudrillard (*Dictionnaire général*,

Il faut cependant observer que lorsqu'on exploite des arbres d'essence feuillue, dont les souches doivent émettre des rejets destinés à former un nouveau peuplement, ainsi que cela se produit pour les taillis, il est alors beaucup plus avantageux de couper les tiges pendant la saison d'hiver. Cela tient à ce qu'à la suite de l'exploitation hivernale, les souches, utilisant ainsi les matières déposées dans leurs tissus ligneux pour former des bourgeons, il en résulte un développement plus vigoureuxdes rejets, qui ont en outre le temps de se lignifier complètement, avant l'hiver suivant.

Lorsque,au contraire,l'abatage a lieu pendant l'été, et après la foliation, les tissus ligneux se trouvent épuisés, et la souche,ayant moins de réserve alimentaire disponible,ne peut plus émettre que de faibles pousses, qui n'ont pas le temps de se lignifier suffisamment, et se trouvent par suite dans de mauvaises conditions pour résister au froid de l'hiver.

Dans certaines localités, on est dans l'usage d'exploiter les bois taillis aux mois d'août et de septembre, avant la chûte des feuilles, afin d'utiliser la ramée pour la nourriture du bétail. Quoique la résorption des substances contenues dans les feuilles ne puisse pas alors s'effectuer, cette manière de faire n'a rien de préjudiciable pour le recru, parce que les souches ont néanmoins pu emmagasiner, pendant la période de la végétation, les éléments nécessaires à la production des rejets au printemps suivant.

Il semble donc que l'abatage des bois de service et d'industrie peut se faire en toute saison,mais cependant de préférence dans les mois de printemps, et après la pousse des feuilles (1); quant à la coupe des taillis, destinés à repousser de souche,

---

raisonné et historique des eaux et forêts) le bois de feu coupé en sève, c'est-à-dire au printemps ou en été,produit un effet à peu près d'un huitième,moindre que le bois coupé hors sève, c'est-à-dire en hiver.

Le bois de chêne *pelard*, exploité par conséquent au printemps, a, d'après M. Nanquette, (*Exploitation, débit et estimation des bois*), plus de qualité, comme combustible,que le bois non écorcé de même essence appelé bois *couvert* ou bois *gris*. Les bois écorcés de chêne yeuse, exploités en sève, donnent ainsi un excellent combustible,et fournissent un charbon très-estimé. Les bois *pelards*, généralement secs, brûlent bien, avec une flamme vive, et leur charbon tient longtemps au feu.

(1) En exploitant les arbres au printemps, il sera bon d'attendre, autant que possible, pour couper les branches, que les feuilles soient flétries, parce que l'évaporation dont elles sont le siége enlève aux tissus ligneux des matières fermentescibles, qui pourraient plus tard nuire à la conservation des bois.

il est plus avantageux, au point de vue cultural, de l'effectuer pendant l'hiver, afin d'assurer le meilleur développement des rejets.

Toutefois, comme les jeunes pousses et les tiges des jeunes sujets sont plus cassantes en temps de sève (1), et que par suite de cette circonstance l'abatage des arbres, à cette époque, peut causer un dommage considérable et irréparable aux jeunes peuplements, il est parfois nécessaire, suivant les essences et la situation des forêts, de suspendre l'exploitation des futaies pendant les mois de printemps et d'été, c'est-à-dire jusqu'à ce que la lignification des jeunes tiges soit complète.

L'abaissement de la température est sans influence sur l'exploitation des arbres, au point de vue du bois lui-même ; mais dans les taillis,il sera bon de suspendre l'exploitation au moment des grands froids, parce que la gelée peut faire décoller l'écorce des souches autour de la section ou découpe d'abatage, et même désorganiser les couches corticales sur une certaine profondeur, ce qui contrarierait ainsi la production des bourgeons et des rejets (2).

La chaleur, ou l'action directe des rayons du soleil, comme aussi le hâle produit par le vent peuvent, pendant l'été, et dans les pays chauds, occasionner aussi le décollement de l'écorce des souches de taillis. Cet inconvénient est principalement à redouter dans les coupes où se pratique l'enlèvement de l'écorce.

Comme il n'est pas toujours possible d'exploiter pendant des saisons modérées, on pourra facilement obvier aux inconvénients signalés, en ayant la précaution de recouvrir immédiatement la section de la souche avec de la terre ou des feuilles, pour la mettre à l'abri de toute influence nuisible, au point de vue de l'émission des rejets.

La croyance relative à l'influence des lunaisons, sur la conservation des bois, est encore très-répandue parmi les bûche-

(1) Les organes naissants ou en voie de formation, dont les cellules et les tissus intérieurs sont gonflés de sucs séveux, c'est-à-dire qui sont à l'état de turgescence, n'ont pas d'élasticité, et sont par suite très-cassants. Les tissus formés ou lignifiés deviennent élastiques, aprce que leurs cellules perforées ne peuvent plus présenter cet état de turgescence,spécial aux jeunes tissus composés de nouvelles cellules closes.

(2) On a observé, dans l'Ardèche, que les souches de chêne yeuse exploitées pendant les gelées, en 1870 et 1871, avaient péri en grande partie.

rons, charrons, et autres ouvriers en bois, malgré les expériences très-concluantes de Duhamel (1), qui ont démontré que les arbres exploités au cours, ou au décours de la lune ne se conservaient pas mieux les uns que les autres. Néanmoins bien des gens citent, à cet égard, des exemples ou des faits paraissant concluants, mais qui manquent le plus souvent de la précision nécessaire pour permettre de se faire, sur cette question, une opinion capable d'infirmer les conclusions résultant des observations précises de Duhamel.

Mais en dehors de la question physiologique ou scientifique, on doit, lorsqu'il s'agit de déterminer l'époque la plus favorable pour l'exploitation des bois, tenir aussi compte des résultats économiques et commerciaux de ce travail, tant au point de vue de la conservation que de la vente des produits. Or, pendant la saison d'hiver, les prix de la main-d'œuvre étant moins élevés, les frais d'exploitation sont par suite moins considérables ; en outre, comme les transports sur la terre gelée sont souvent plus faciles et moins onéreux, il en résulte que l'exploitation des bois pendant l'hiver laisse plus de bénéfice aux exploitants.

D'autre part, les arbres ne se trouvant pas brusquement exposés à une température élevée se dessèchent lentement, sans se fendre, ce qui évite leur détérioration (2).

C'est probablement par suite de ces diverses considérations très-importantes que les exploitations des forêts se font généralement pendant la saison froide.

2°. De l'abatage. — Règles à suivre pour exploiter les bois.

L'opération pratique de la coupe des arbres a une grande influence sur la conservation et l'amélioration des massifs boisés, surtout lorsqu'il s'agit d'essences repoussant de souches.

La section doit être toujours bien nette et franche (3), afin

(1) Voir *Exploitation des bois*, par DUHAMEL DU MONCEAU.

(2) Cette pratique est surtout bonne pour les bois durs, tels que le chêne, par exemple, qui se fend beaucoup en séchant rapidement. C'est même pour cette raison qu'on laisse le plus longtemps possible ces arbres revêtus de leur écorce sur le parterre des coupes, ce qui loin de leur nuire conserve au contraire toutes les qualités de leur bois.

(3) Pour obtenir une coupe nette, il faut un instrument bien tranchant ; il importe donc d'avoir toujours dans les exploitations une meule, sur laquelle les bûcherons pourront aiguiser leurs outils.

d'éviter le décollement de l'écorce et du corps ligneux, ce qui est nuisible à la production des bourgeons adventifs. Dans les terrains secs, on doit couper les bois rez-terre ou même entre deux terres (1); mais dans les sols humides ou marécageux, il est préférable que la section soit un peu élevée, parce que si l'eau recouvrait la souche, cette circonstance pourrait la faire périr, ou empêcher la pousse des rejets.

Pour certaines essences, telles que le chêne yeuse, croissant dans les rochers et les terrains pierreux, il est souvent très-difficile de pratiquer la coupe rez-terre. Dans ce cas, lorsque la souche est solidement fixée dans le sol, et si l'exploitation a lieu au printemps, on peut déterminer la fracture de la tige à une petite profondeur en terre, parce que en temps de sève la cassure du bois est nette, et que l'écorce de la racine reste adhérente au corps ligneux. Ce mode d'exploitation (2) bien exécuté est alors sans inconvénient pour la souche, qui donne ensuite de beaux rejets solidement implantés sur la racine restée en terre. Mais ce procédé, qui équivaut à une exploitation entre deux terres, est impraticable pour la coupe d'hiver, ainsi que dans les terrains légers et sablonneux, où les chocs, destinés à briser la tige, ébranleraient les racines, pourraient déterminer l'évulsion, ou bien occasionneraient une section irrégulière et fractionnée, peu favorable à la production d'un recru vigoureux.

La coupe de la tige hors terre doit être légèrement bombée ou inclinée, pour faciliter l'écoulement des eaux pluviales et empêcher leur infiltration soit dans les tissus ligneux, soit entre le bois et l'écorce ; on peut aussi, à cet effet, tailler au milieu de la souche une gouttière nette, inclinée et formée au moyen de deux plans de section, parce que cette disposition favorise l'écoulement de l'humidité, qui pourrait se déposer sur cette surface. (3)

L'abatage des arbres peut s'effectuer au moyen de la hache

(1) Voir les observations à propos du recepage, page 311 et suivantes.

(2) Ce mode d'exploitation du chêne vert entre deux terres est connu sous le nom de *saut du piquet*; voir à cet égard les *Etudes expérimentales sur l'écorce du chêne yeuse*, par M. Antonin Rousset.

(3) Ce mode de coupe peut occasionner la décomposition plus rapide du milieu de la souche. Mais ce fait est sans inconvénient pour la pousse des rejets, qui ne se produisent qu'à la circonférence, et dont les tiges formeront de nouvelles souches, destinées à remplacer la souche-mère.

ou de la scie. La section produite par le tranchant de la hache est nette ; elle se cicatrise vite et facilement; mais l'emploi de cet instrument oblige à frapper sur la tige des coups violents et réitérés, ce qui a l'inconvénient d'ébranler la souche et de fatiguer parfois les racines des brins trop jeunes.

On remplace souvent la hache par la serpe, dans l'exploitation des jeunes tiges des taillis ; on est alors forcé de couper les brins en sifflet et un peu haut, ce qui constitue un mode d'exploitation vicieux. La coupe en terre est, dans ce cas, préférable, quoique la section ne puisse pas être bien nette.

La scie coupe par déchirement ; les tissus, les fibres et les vaisseaux sont alors plus ou moins lacérés, arrachés, fendus et mutilés de toute façon, par les dents de cet outil, de telle sorte que l'air pénètre dans ces organes, et que la sève, ne pouvant plus circuler dans les canaux et les tissus ligneux désagrégés, s'arrête forcément au-dessous de ces plaies, où elle s'extravase dans les tissus.

Toute la portion de bois comprise entre le plan de section et le niveau atteint par le suc séveux, étant par suite intérieurement exposée au contact de l'air,et en même temps privée du bénéfice de la circulation des liquides nourriciers, ne tarde pas à mourir et à se décomposer.

L'étude raisonnée des faits permet ainsi de comprendre pourquoi les tiges,ou les souches exploitées à la scie périssent quelquefois, par suite de la décomposition de la sève répandue dans les tissus,et qui se communique peu à peu jusqu'aux racines. Lorsque la plante résiste, il reste toujours un chicot ou étoc de bois mort plus ou moins long, qui la déshonore et empêche,en outre,la production des bourgeons (1) sur le plan de la section elle-même (2).

On remédie à tous les inconvénients de l'emploi de la scie (3) sous ce rapport, en faisant, immédiatement après l'abatage

(1) Voir page 110, *Rejets de souches.*

(2) Duhamel avait déjà constaté, que la coupe des arbres à la scie n'avait d'autre inconvénient que de faire pousser les bourgeons à un pouce au-dessous de l'endroit scié, tandis que la coupe à la hache favorisait la production des bourgeons entre l'écorce et le bois, et à la section même.

(3) Lorsque les bois doivent être traînés, les bûcherons préfèrent couper les arbres de futaie à la hache, afin de gagner, dans le creux de la souche, le culot qui doit être détérioré par le traînage, et qu'on sera par suite obligé de supprimer. Ce mode d'exploitation évite ainsi un déchet dans le volume de bois, et qui serait perdu avec la coupe à la scie.

de l'arbre, ravaler ou rafraîchir la section,et enlever avec une cognée ou une herminette, et principalement dans la zone corticale, la superficie ligneuse déchirée par les dents de la scie. Par ce moyen on ne perd pas du bois en copeaux, et la section présente alors tous les avantages résultant de l'emploi d'un instrument bien tranchant.

Dans les régions méridionales ainsi que dans les climats secs et non brumeux, il sera souvent avantageux de faire couvrir les souches exploitées avec des feuilles ou de la terre, pour mettre la section à l'abri de l'action des rayons brûlants du soleil qui, en desséchant le bois et en faisant décoller l'écorce, peuvent compromettre son existence et empêcher par suite l'émission des jeunes rejets. Cette pratique est surtout indispensable dans les coupes de bois à écorcer, exploitées pendant les mois de mai et juin ; elle doit aussi s'employer pour mettre les souches à l'abri de la gelée (1).

On est souvent obligé d'ébrancher les arbres avant leur abatage, afin que, dans leur chûte, les branches et les houppiers n'endommagent pas les jeunes peuplements ; il est bon, dans ce cas, de laisser quelques chicots, ou branches un peu longues du côté où l'arbre doit s'abattre, afin d'empêcher le tronc de porter directement sur le sol, et d'écraser complètement tous les jeunes brins sur lesquels il tombe. On doit aussi éviter de couper les grosses branches garnies de feuillage, parce que leur chûte produirait autour de la tige un dégât considérable, que l'on peut diminuer par l'enlèvement successif des rameaux secondaires.

Les bois doivent toujours être exploités à tire et aire,c'est-à-dire en suivant et sans interruption ; la surveillance de tous les ouvriers est ainsi plus facile, et le façonnage et l'enlèvement des produits ne fatigue qu'une seule fois le recru. Dans les futaies,et lorsque le sol est garni de jeunes semis,on doit, autant que possible, faire relever immédiatement les branches et cimeaux, qui peuvent écraser les plants, ou les gêner dans leur développement.

Bien que l'enlèvement des branches ou cimeaux des arbres soit en général recommandé, ilest certains cas où le maintien de ces débris, sur le parterre des coupes,peut donner de bons résultats, indépendamment de leur transformation en humus.

---

(1) Voir page 391.

Ainsi, dans les taillis et pendant les froids de l'hiver, il est avantageux de laisser les ramilles sur les souches pour empêcher la congélation des tissus.

Dans les futaies, les branches favorisent quelquefois le regarnissage du sol, en facilitant la dissémination et la retenue des semences sous les ramilles (1), qui fournissent même un léger abri aux jeunes plants.

Sur les pentes, ces débris peuvent empêcher le ravinement du sol, et l'enlèvement des graines par les eaux.

Comme les branchages sont un obstacle à la circulation des animaux, il sera parfois bon de laisser toutes les ramilles dans les coupes, où les dévastations et les abroutissements des troupeaux sont à craindre.

Quant aux débris et remanents de l'exploitation proprement dits, leur dépôt en tas auprès des arbres n'est pas toujours sans inconvénient. Leur accumulation peut d'abord empêcher la germination des graines et la pousse des jeunes tiges ; en outre, l'eau de la pluie, en les détrempant, se charge d'une certaine quantité de tanin qui, en s'infiltrant dans le sol, peut frapper d'inertie les organes radiculaires, par suite de la réaction du tanin avec les substances albuminoïdes et azotées. Il est donc prudent de faire disséminer sur le sol, en couche mince et loin des souches, les débris d'écorce et les sciures amoncelées sur les places d'atelier.

§ 2. — *Coupe des branches.*

1° De la suppression et de la coupe des branches en général.

Toute suppression de rameau ou branche vivante est en principe une mauvaise opération, parce que on enlève ainsi à l'arbre, soit ses organes d'élaboration et d'assimilation, soit une partie des substances emmagasinées dans le tissu ligneux, et destinées à faciliter la formation des nouvelles pousses. Ayant moins de branches, et par suite moins de feuilles, l'arbre mutilé élabore forcément moins de sève ; son gros-

(1) Ce résultat se produit souvent pour les cônes des essences résineuses. Dans les forêts d'épicéas, les cônes fermés tombent sur le sol avec les branches au moment de l'exploitation, pendant l'automne et l'hiver ; la plus grande partie des graines germent ensuite, en formant des touffes de plants très-serrés, et disséminés de distance en distance, ce qui donne au massif boisé ainsi produit l'apparence d'un semis artificiel par paquets.

sissement est arrêté, parce qu'il ne peut pas préparer, et déposer dans les cellules des tissus, les matériaux servant à la formation des nouvelles couches ligneuses (1).

D'un autre côté, la diminution du houppier, en rompant l'équilibre naturellement établi entre les organes aériens et souterrains, expose le végétal à souffrir, au printemps, d'une pléthore des sucs absorbés par les racines, ce qui peut donner naissance à des maladies, telles qu'écoulement extérieur de sève ou de gomme (2).

Il arrive souvent, qu'après la suppression des branches, un arbre pousse très vigoureusement, et on est porté à attribuer ce résultat à cette opération ; de là, l'opinion assez généralement admise que la taille ranime ou augmente la vigueur des végétaux. C'est une erreur. L'arbre, privé d'une partie des organes d'assimilation indispensables à son existence, pousse avec force, pour se reconstituer son système aérien, mais cette production ne se fait qu'aux dépens des substances accumulées antérieurement dans ses tissus. Le végétal utilise ainsi sa réserve, pour rétablir l'équilibre préexistant entre ses racines et ses branches ; sa vigueur n'est alors qu'apparente, puisque loin d'être l'indice d'une plus forte végétation, elle n'est que la conséquence de son épuisement. Une autre cause

---

(1) Loiseleur Deslonchamps a reconnu que, chez le peuplier, l'accroissement en grosseur de l'arbre est retardé pendant l'année même de l'émondage, la dernière couche étant moindre que les autres. Souldadié ayant fait émonder des peupliers de 7 ans, en laissant aux uns une cime terminale, et aux autres des branches depuis le milieu de l'arbre jusqu'à la cime, constata, vers la fin d'octobre, que la circonférence des premiers avait grossi de deux centimètres, et celle des seconds de six centimètres. Des boutures de peupliers ayant été plantées avec leurs branches, ou émondées, les premières ont grossi beaucoup plus que les secondes. *(Journal d'agriculture pratique pour le midi de la France)*.

A l'exposition de Vienne, en 1873, on avait exposé deux épicéas, qui avaient crû l'un et l'autre dans une situation identique et sur un excellent sol : le premier, que l'élagage avait toujours respecté, mesurait, à 80 ans, 25 m. 90 c. de hauteur, 0 m. 26 c. de diamètre moyen et cubait 1 m. c. 405 L'autre, successivement privé de ses branches inférieures par l'élagage, quoique âgé de 95 ans, n'avait que la moitié de la hauteur et le huitième seulement du volume du premier arbre. (A. Mathieu. — *Revue des eaux et forêts*). — Voir *Effeuillaison*, page 72.

(2) D'après M. d'Arbois de Jubainville (*Les maladies des plantes cultivées*), la maladie de la gomme se développe à la suite de plaies non fermées, de lésions à la couronne, ou quand les sucs élaborés ne trouvent pas un nombre suffisant de foyers de formations nouvelles.

de la foliation abondante, qui se manifeste parfois sur un vieil arbre ébranché, provient de la plus grande facilité de circulation que la sève trouve dans les jeunes pousses droites, à la place des rameaux contournés, supprimés par la taille.

Malgré ces considérations, il ne faut pas oublier que, dans les végétaux ligneux, la décomposition du bois une fois commencée ne s'arrête plus ; c'est en physiologie végétale surtout que cet aphorisme, *le mort gagne le vif*, est rigoureusement vrai. Dès lors, pour arrêter la désorganisation putride des tissus ligneux, il faut trancher dans le vif, parce que les tissus vivants de la couche corticale peuvent seuls former une couche subéreuse cicatrisante, capable de mettre le bois à l'abri du contact de l'air, et d'arrêter sa décomposition.

On comprend ainsi pourquoi la coupe des branches mortes, ou brisées est parfois nécessaire, pour la conservation du végétal lui-même. Mais il y a toujours, dans ce cas, deux précautions fort utiles à prendre : la première est que la section pratiquée sur le bois sain et vif soit bien nette, c'est-à-dire opérée avec un instrument bien tranchant, de manière à présenter une surface lisse, unie et pour ainsi dire rabottée; la seconde, qui est surtout nécessaire en cas de suppression des grosses branches rez-tronc, consiste à recouvrir soigneusement la plaie ou section avec une couche de coaltar, ou goudron de houille (1), ainsi que l'indique M. des Cars. Cette pratique paraît être indispensable pour mettre le bois à l'abri du contact de l'air; elle favorise la cicatrisation de la section et évite ainsi la formation d'une plaie, qui pourrait devenir le point de départ de la décomposition du corps ligneux (2), ou pro-

(1) Le coaltar (goudron de houille) contient de l'acide phénique, qui en coagulant l'albumine de la sève élaborée, et mettant la plaie à l'abri du contact de l'air, favorise la cicatrisation, et arrête la pourriture et la décomposition du bois, en détruisant le mucus et les germes de fermentation. L'application du coaltar empêche aussi les insectes de déposer leurs œufs sur la section du bois, et met par suite obstacle à la perforation des tissus ligneux, et à la multiplication des larves et autres insectes xylophages.

(2) Comme, d'après Hartig, le mycelium du champignon *trametes pini* ne se développe que dans le cœur du bois, il est prudent d'éviter l'ablation des branches dont le plan de section mettrait les tissus du bois parfait en communication avec l'air extérieur, et par suite avec les spores de ce champignon parasite, l'un des agents les plus actifs de la décomposition des tissus ligneux. Cette considération devrait empêcher d'élaguer ou d'émonder les arbres, au-delà de l'âge de 30 à 40 ans ; dans tous les cas, il est prudent d'éviter la coupe des grosses branches, à moins d'absolue nécessité, et en prenant toutes les pré-

duire une tare ou altération grave du tronc de l'arbre. (1)

La section opérée sur un bois spongieux se cicatrise plus difficilement que celle pratiquée sur un bois dur et compacte. Cela provient de ce que l'évaporation abondante, dont cette plaie devient le siége, déssèche plus profondement l'intérieur des tissus, et empêche ainsi les sucs séveux de venir affleurer le plan de section ; par suite de ces faits, les tissus desséchés perdent leur vitalité sur une certaine longueur au-dessous de la coupe, ce qui donne alors naissance à un chicot de bois mort.

On doit tenir compte de ce phénomène lors de la taille des branches des arbres fruitiers ou d'agrement, pour éviter l'avortement et la mort des bourgeons. Mais il est d'ailleurs assez facile d'éviter toutes les conséquences fâcheuses de cette opération, soit en laissant un chicot un peu long au-dessus des bourgeois adventifs conservés, soit en recouvrant soigneusement la plaie avec du coaltar, ou avec un lut quelconque bien imperméable.

2° De l'élagage des arbres. — Des têtards.

L'opportunité de la suppression des branches, c'est-à-dire de l'élagage, comme moyen de hâter la croissance des arbres, ou d'augmenter leur valeur en régularisant la forme de la tige, ou même d'améliorer les qualités du bois, a été très controversée, parce qu'on ne connaissait pas bien l'importance du rôle du corps ligneux, dans les phénomènes de la végétation. Aujourd'hui, en s'appuyant sur les principes scientiques, on est fondé à proscrire la coupe ou l'élagage de toute branche vivante; néanmoins il importe d'ajouter que cette opération judicieusement effectuée donne, dans certains cas, des résultats satisfaisants. En cela, comme en bien d'autres choses, le succès est une question de mesure, d'opportunité et de moyens d'exécution.

---

cautions nécessaires pour éviter l'infection de ce cryptogame, et la pourriture qui en résulte.

(1) D'après la Société forestière et agricole de Silésie, la blessure, occasionnée par l'enlèvement d'une branche de 0 m. 05 c. de tour, produit déjà une altération sensible dans le corps d'un arbre. La gravité du mal augmente avec le diamètre de la branche amputée, au point qu'une plaie de 0 m. 16 c. de circonférence a produit, sur un chêne de 0 m. 53 c. de tour, une fente de 0 m. 30 c. de profondeur. Cette carie si profonde paraissait cependant devoir être attribuée en partie au froid.

La coupe des branches ou l'étêtement d'un arbre est quelquefois opérée seulement en vue des produits ligneux ou foliacés qu'on en retire directement, ou bien cette opération se rapporte à la conservation et à la régularité de la tige de l'arbre lui-même ; dans ce dernier cas, elle est désignée sous le nom spécial d'élagage.

Lorsque la coupe des branches représente le produit principal, et que la tige n'est, pour ainsi dire, que l'accessoire, la tonte périodique des arbres exploités sous forme de têtards fournit des produits foliacés ou ligneux assez importants, et recherchés surtout dans les régions agricoles. Cette pratique constitue un mode d'exploitation particulière, dans laquelle on ne conserve le tronc de l'arbre que comme support, ou intermédiaire entre le sol et le produit récolté, sans tenir compte de son volume ni de sa valeur, au point de vue de la qualité du bois. Dans ce cas, comme on conserve les branches tout le temps nécessaire pour leur croissance et leur développement normal, le tronc ou têtard n'a pas besoin d'être très considérable, et on peut aussi couper les rameaux ras de la tige.

Lorsque, au contraire, on coupe les branches tous les deux ans, uniquement pour avoir de la ramée destinée à la nourriture des bestiaux, il est alors nécessaire de laisser une plus grande longueur à la tige, pour augmenter son volume, afin qu'elle puisse ainsi emmagasiner et fournir les substances nécessaires à cette production foliacée. Toutefois, en adoptant ce mode d'exploitation, il convient de calculer si la valeur des branches, et celle des feuilles ainsi récoltés, c'est-à-dire le bénéfice donné par le bétail nourri avec ce produit, compense la perte de la production ligneuse, qui en est la conséquence.

L'exploitation des arbres en têtards peut, dans certaines situations particulières, comme par exemple dans les pays montagneux, secs et privés de chemins, présenter quelques avantages, en ce sens que l'utilisation du feuillage des arbres pour la nourriture des troupeaux augmente la production fourragère locale, tout en maintenant l'état boisé du sol. Ces produits, facilement trasportables, constituent alors un revenu plus important que la matière ligneuse elle-même, dont toute la valeur serait absorbée par les frais de transport.

Mais lorsqu'un massif boisé est soumis à ce genre d'ex-

ploitation, il faut y proscrire d'une façon absolue l'enlèvement des menus produits, herbes, feuilles, etc., ainsi que le pâturage. Sinon, comme l'enlèvement des détritus ligneux diminue d'une part la fertilité du sol ; que la présence des troupeaux y rend, d'un autre coté, toute régénération naturelle impossible, par suite de l'abroutissement des jeunes plants ; il s'en suit que les vieux arbres morts ne sont jamais remplacés par de jeunes sujets, et que ce genre de traitement, entraînant fatalement la destruction lente du massif boisé, a pour conséquence forcé le déboisement complet du sol, sans qu'on puisse s'y opposer d'aucune façon (1).

Quand la forme d'un arbre en fait la principale valeur, il est certain que l'intérêt conseille de sacrifier, alors sans hésiter, sa croissance ou son volume, afin d'obtenir la disposition recherchée.

Il faut ajouter, en outre, que si on élague un arbre capable d'émettre de nombreux bourgeons adventifs, cette opération est généralement suivie du développement rapide de nouvelles branches, et même d'un nombre plus considérable de feuilles. Cette production hâtive compense, jusqu'à un certain point, la suppression des parties enlevées, et l'équilibre entre les divers organes du végétal ne tarde pas à se rétablir, mais aux dépens de la formation ligneuse.

Par contre, lorsqu'on élague des arbres résineux, dont les nouvelles branches ne peuvent se développer que sur les jeunes pousses, le végétal souffre, dès la première année, soit d'une plethore des sucs absorbés par les racines, soit de l'insuffisance de la sève élaborée par les organes foliacés. Tout l'effort de la végétation, en vue de rétablir l'équilibre entre ses organes, se porte, dans ce cas, vers la production des branches. Or, comme celles-ci ne peuvent se développer qu'à la partie supérieure de l'arbre, il s'en suit que l'élagage des résineux a généralement pour conséquence l'allongement immédiat de la tige.

Ce fait matériel exact a fait admettre, dans la pratique, que la suppression des branches basses des résineux favorise le développement et l'allongement vertical de l'axe.

Mais il importe de remarquer que cette croissance momen-

(1) C'est à ce genre d'exploitation qu'il faut attribuer en partie le déboisement des montagnes des Alpes, dans les départements de la Drôme, de Vaucluse, des Hautes-Alpes, etc.

tanée est plus préjudiciable qu'utile, parce qu'elle se produit au détriment des matériaux préparés pour l'accroissement général du corps ligneux. Cette période de croissance anormale est, en effet, toujours suivie d'un ralentissement marqué de la végétation, puisque en définitive l'expérience (1) prouve que les arbres élagués restent, toutes choses égales d'ailleurs, moins gros et moins hauts, que ceux non soumis à cette opération.

L'élagage des arbres de futaie peut être quelquefois utile pour éclaircir les massifs, ou pour réduire la longueur exagérée des branches. Lorsque l'élagage des arbres en massif porte sur les branches basses, dominées, et dont la végétation est ralentie, cette opération devient alors avantageuse, au point de vue de l'allongement du végétal, parce que tous les sucs élaborés sont alors utilisés dans les parties plus vivantes. On aide, dans ce cas, l'action de la nature, et la meilleure utilisation de la sève peut compenser la perte résultant de la suppression de quelques branches.

Pour les arbres isolés, ou pour les réserves dans les coupes de taillis sous futaie, l'élagage est souvent employé, soit en vue de régulariser ou de réduire le houppier, soit pour supprimer les branches latérales ou basses, afin de favoriser l'allongement de la tige.

Dans les deux cas, cette opération est assez délicate ; elle exige beaucoup de soins et de précautions, pour éviter tout excès, et prévenir les fâcheuses conséquences de sa mauvaise exécution.

S'il s'agit de petites branches gourmandes, on doit, autant que possible, pratiquer la section rez-tronc ; pour les grosses branches, il sera bon de comparer d'abord le bénéfice que l'on peut espérer d'une forme plus régulière de l'arbre, avec la diminution de croissance qui doit être la conséquence de cette opération, et de supputer ensuite les chances de cicatrisation, mises en balance avec le danger de faire à la tige une mutilation susceptible d'en diminuer considérablement la valeur.

Le recouvrement d'une blessure, quoique proportionnel à la vigueur de l'arbre, n'est pas, en effet, toujours assez rapide, pour empêcher la mort des tissus exposés à l'air ; il est ordi-

(1) Voir page 397, note 1, § 2.

nairement deux fois et demi plus considérable que l'accroissement annuel, de telle sorte que si l'épaisseur de la couche ligneuse annuelle est de 15 millimètres, la dimension du recouvrement annuel est de 37 millimètres environ (1).

D'après M. le professeur Göppert (2), la plaie d'un élagage de 3 et 5 centimètres de diamètre se recouvre dans une période de 4 à 8 ans, en laissant un commencement de décomposition ; la plaie de 10 à 15 centimètres laisse, après le recouvrement, une solution de continuité dans le corps de l'arbre, et le bois est fortement décomposé ; la plaie de 15 à 20 centimètres de diamètre ne se recouvre que dans un temps très-reculé, lorsque le bois est déjà décomposé.

Voici quelle est, d'après la société forestière de Silésie, la durée de la période de recouvrement, par rapport à la dimension des plaies provenant de l'élagage, et en supposant la section bien nette :

Plaie de	0 m. 05 c.	de diamètre	5 ans
—	0 m. 07 c.	—	8 ans
—	0 m. 09 c.	—	11 ans
—	0 m. 11 c.	—	15 ans
—	0 m. 13 c.	—	22 ans
—	0 m. 15 c.	—	32 ans

Enfin, lorsque l'élagage est pratiqué avec un chicot de 0 m. 50 c. de longueur, le moignon ne tarde pas à pourrir, et s'il est pratiqué rez-tronc le nœud se gâte. Dans tous les cas, malgré la couverture au coaltar, la branche coupée meurt en endommageant la tige de l'arbre.

De tout ce qui précède, il en résulte que la coupe et la suppression d'une branche de 0 m. 10 c. de tour est presque toujours dangereuse.

Dans la pratique de l'élagage, il sera en outre convenable de bien examiner si, eu égard aux conditions spéciales de la végétation du sujet, la suppression de certaines branches, ou la réduction du houppier ne sont pas de nature à favoriser le développement des branches gourmandes sur le tronc, et de préjudicier ainsi à l'existence de l'arbre lui-même.

---

(1) Voir *Journal d'agriculture pratique* du 28 février 1878.

(2) Voir *Considérations et recherches sur l'élagage des essences forestières*, par M. A. Martinet, garde général des forêts.

3° — De l'émondage. — Taille des arbres d'agrément. — Promenades publiques

Lorsque la suppression des branches a pour but de donner une forme spéciale au houppier d'un arbre isolé, au branchage d'une plantation d'arbres d'agrément, telles qu'avenue, promenade, boulingrin, bosquet, charmille etc., cette opération prend alors le nom spécial d'émondage.

Les dangers, ou les inconvénients très-sérieux de l'élagage diminuent sensiblement, lorsqu'il s'agit seulement de donner une forme régulière à la cime d'un arbre ; dans ce cas, il faut prendre pour règle de satisfaire l'œil, de maintenir l'ombrage et de conserver l'arbre. Ce triple résultat doit s'obtenir par la suppression d'un petit nombre de branches trop longues ou trop basses, et en ne coupant que ce qui dérange la symétrie, ou modifie trop la forme désirée.

Dans le traitement des arbres d'ornement, il ne faut pas oublier que ces végétaux sont surtout destinés à fournir de l'ombre, et que l'émondage doit simplement donner une forme au feuillage, quelle que soit la disposition des branches charpentières.

Il convient donc de chercher à produire. à l'intérieur du houppier, une ramification ligneuse, courte, diffuse, noueuse et irrégulière, qui faisant naître des rameaux extérieurs partout, maintient ainsi de tous les côtés un feuillage abondant. Partant de ce principe, que cette taille n'est faite qu'en vue des feuilles à venir, il faut s'abstenir de chercher à donner aux grosses branches une forme géométrique ou régulière quelconque ; une semblable opération peut satisfaire le coup d'œil, lorsque l'arbre est défeuillé, mais elle est la plupart du temps dangereuse et illogique. Il est d'ailleurs toujours préférable de conserver des chicots, plus ou moins garnis de feuilles, qu'on peut impunément raccourcir ou ravaler chaque année, plutôt que d'enlever des maîtresses branches, dont la section produirait une plaie étendue, longue à se cicatriser, et capable de compromettre l'existence du sujet. Ce fâcheux résultat doit surtout être évité avec soin dans les avenues, promenades publiques et massifs, parce que la mort d'un arbre y forme un vide, presque toujours irréparable.

L'émondage des arbres d'agrément ou d'ornement doit se

commencer dès leur jeunesse, ou à la deuxième année qui suit leur plantation, et d'après des indications et un plan bien arrêté. Au moyen des opérations *annuelles*, on arrive alors progressivement, et peu à peu, au résultat désiré, en préparant d'abord la charpente de l'arbre, et en se bornant ensuite à raccourcir les jeunes pousses, et à enlever les branches mortes ou viciées, d'après les principes indiqués pour la pratique de l'élagage.

C'est donc à tort que, en vue d'obtenir des produits quelconques, ou d'une économie mal entendue, on émonde, ou on élague les arbres d'ornement et des promemenades publiques à des intervalles plus ou moins éloignés, parce qu'on transforme alors les soins annuels d'entretien en une sorte d'opération périodique, destinée à donner un revenu.

Ce mode de procéder est parfois même aggravé, dans la pratique, par l'usage très-fâcheux d'abandonner aux ouvriers employés les produits de l'élagage ou de l'émondage, soit en paiement, soit pour toute autre raison ; il en résulte alors souvent que ceux-ci ont une tendance marquée à couper de très-grosses branches, pour avoir plus de bois, ce qui est tout-à-fait contraire au but proposé.

Les opérations très-délicates, et mal étudiées de l'émondage des arbres d'ornement sont, en outre, malheureusement abandonnées, la plupart du temps, à des ouvriers routiniers et peu intelligents, ou bien elles sont surveillées ou dirigées par des gens peu au courant des questions d'arboriculture; ce concours de circonstances a alors naturellement pour résultat la mutilation continue et irraisonnée de la plupart des arbres plantés dans les parcs et les jardins, ou sur les routes, avenues, places publiques, etc.

Comme, d'une part, les arbres ne se plaignent pas, et cherchent à vivre malgré tout ; que les gens intéressés au maintien de cet état de choses affirment, d'un autre côté, et avec un aplomb imperturbable, que ces mêmes arbres demandent à être taillés d'après leur méthode ; que les propriétaires ou le public intelligent, ne voient souvent le mal que lorsqu'il est devenu irréparable, et trouvent qu'il est alors un peu tard pour protester ; on ne peut que se borner à faire des vœux pour qu'on émonde ces arbres avec soin et intelligence, ou bien qu'on ne les taille pas du tout, ce qui serait, en tout point, préférable à ce qui se fait généralement. On peut être assuré d'ailleurs que les arbres ne demandent rien ; que, livrés à eux-mêmes, ils pren-

dront toujours, à moins d'accident, la forme qui leur convient le mieux, et n'en végéteront qu'avec plus de vigueur.

Les opérations d'émondage ne peuvent pas s'appliquer indistinctement à toutes les essences, et il faut, sous ce rapport, faire une distinction pour les arbres résineux qui, n'émettant pas de bourgeons adventifs ou en petite quantité, ne peuvent par suite être soumis à cette opération.

Tous les végétaux à feuilles caduques supportent au contraire bien la taille et l'émondage, ainsi qu'une partie des arbres à feuilles persistantes, tels que le chêne-vert, l'olivier, le caroubier, l'oranger, le laurier, l'épicéa, l'if, etc.

4° De la Taille des arbres fruitiers.

Toutes les opérations relatives à la suppression des organes aériens des arbres fruitiers, telles que la coupe, le cassement et la torsion des branches, l'ébourgeonnement et l'effeuillage, ayant pour objet de provoquer et d'augmenter la production fructifère de ces végétaux, sont comprises sous le nom générique de taille.

La suppression des branches, pratiquée au point de vue de la fructification, tient de l'élagage et de l'émondage, en ce qui concerne la forme spéciale ou générale à donner aux arbres ; mais elle a un but plus particulier, qui est de rendre la production des fruits régulière et abondante.

La fructification des arbres est, en général, intermittente, parce qu'il faut que le végétal accumule lentement dans ses tissus, les éléments producteurs des semences; elle ne se manifeste avec abondance, que lorsque celui-ci n'utilise plus sa force végétative à la formation des tissus ligneux (1). Indépendamment de la forme à donner à la charpente ligneuse, c'est-à-dire aux branches, pour réduire, autant que possible, l'espace occupé par chaque arbre (2), on sera donc certain

(1) Cette observation explique pourquoi les fruits hâtifs, ou venus sur de jeunes arbres sont, en général, moins savoureux que ceux produits par des arbres vieux et tortueux, dont le corps ligneux développé fournit avec abondance tous les éléments nécessaires à une bonne fructification, et où la sève circule lentement.

(2) La taille se pratique, principalement dans les vergers, dans le but de réunir le plus grand nombre d'arbres fruitiers sur un espace restreint ; pour les arbres en plein vent, où l'espace ne manque pas, on a moins besoin de réduire le développement des branches.

d'obtenir tous les résultats désirés, lorsque la taille réalisera les deux conditions suivantes: 1° Permettre au végétal d'exposer, le mieux possible, tous ses organes aériens à l'influence de la lumière et du soleil, pour en accroître la production ; 2° Supprimer le moins de bois possible, tout en empêchant le sujet d'employer sa sève à la formation des tissus ligneux (1).

Mais il importe d'ajouter que la taille des arbres à fruits, surtout lorsqu'elle est pratiquée en vue de tenir ces végétaux à l'état nain, a pour résultat d'abréger la durée de leur existence, par la difficulté de constituer normalement leurs organes de support, et en contrariant leur développement régulier.

Les diverses formes données par la taille aux arbres fruitiers n'ont pour but, que de mieux soumettre les organes végétaux aux bienfaisantes influences atmosphériques. Au point de vue de l'exposition à la lumière et à la chaleur, la forme étalée contre un mur, en *espalier*, est la meilleure ; c'est celle qui donne à toutes les parties de l'arbre leur maximum de fécondité.

Puis vient ensuite, pour les sujets isolés, la forme dite en *gobelet*, où le houppier de l'arbre, évidé au centre, forme une espèce de tube ou de cylindre de verdure, dont la double paroi intérieure et extérieure reçoit ainsi l'influence des rayons du soleil. La forme pyramidale, dite en *cône*, vient en troisième ligne ; celle-ci représente presque la disposition naturelle du végétal, dont tout le contour extérieur se trouve ainsi exposé au soleil, sous un angle destiné à rendre l'action de ses rayons plus active.

Toutes ces formes, lorsqu'elles sont régulières, procurent d'ailleurs à l'arbre une distribution de branches charpentières bien équilibrées. Quant aux dispositions symétriques des organes aériens des arbres, elles sont sans doute agréables à l'œil ; mais leur importance, au point de vue de la physiologie végétale, n'est pas encore bien démontrée, et peut être considérée comme peu justifiée.

Le meilleur mode de suppression des parties ligneuses d'un arbre, sans perte ou préjudice pour le végétal, consiste dans

(1) On a précisément remarqué, dans le Gard, que les chênes yeuses écorcés sur pied, et se trouvant par conséquent dans l'impossibilité d'utiliser leur sève à aucune espèce de formation ligneuse, se mettaient alors à fructifier avec abondance.

le cassement des branchés, et les bons effets de cette pratique, usitée en horticulture, sont aujourd'hui bien reconnus.

On arrive, par ce procédé, à supprimer ou à raccourcir les organes appendiculaires, et à modifier la circulation des sucs végétaux, sans occasionner aucune déperdition pour les plantes. L'ablation d'une portion vivante quelconque du corps ligneux, au moyen de l'élagage ou de l'émondage, a, au contraire, toujours pour conséquence forcée l'enlèvement des principes renfermés dans les tissus ligneux retranchés.

Le cassement partiel ou la torsion agissent d'une autre manière ; par ces deux moyens, on fait mourir la branche tordue ou brisée, mais comme il résulte des observations du docteur Schrœder (1), que la migration des substances minérales s'effectue des parties mortes aux parties vivantes des végétaux (2), il s'en suit, qu'avant de cesser de fonctionner, les branches cassées ou tordues écoulent, vers le corps ligneux vivant, les matières organiques, potasse, acide phosphorique etc., renfermées dans leurs tissus. En coupant ensuite, et après leur mort, les branches cassées ou tordues, on n'enlève alors au végétal qu'une partie inerte, ne renfermant plus aucun principe utile pour la végétation.

Tels sont les bons résultats du cassement et de la torsion des branches : loin de nuire aux plantes ou de les appauvrir, cette opération condense, conserve et utilise, pour le plus grand profit de la production des fleurs et des fruits, tous les principes ou sucs végétaux, qui, sous la libre impulsion des forces naturelles, se seraient peut-être trop divisés, par suite d'une végétation exhubérante, désordonnée ou mal équilibrée.

L'incision annulaire de l'écorce produite par l'enlèvement d'un léger anneau d'écorce, ou résultant d'un simple trait de scie rentre dans la pratique de la taille. Cette opération, qui empêche la coulure, et favorise la fructification et la maturation des fruits, s'effectue à la base de l'arbre, ou bien au-dessous du point d'attache des fruits eux-mêmes ; elle a pour effet de rallentir la circulation, d'empêcher l'utilisation de la sève à la formation ligneuse, et de forcer ainsi le végétal à employer tous ses sucs à la production fructifère (3). Lorsque cette

(1) (2) Voir page 122, note 2.

(3) C'est le même résultat que l'on cherche à obtenir, au moyen de lésions internes, lorsque, suivant une vieille pratique, on bat, avec un baton, le tronc

opération est pratiquée sur une branche destinée à être coupée ultérieurement, on peut sans inconvénient augmenter la hauteur de la décortication, tandis qu'il convient de la restreindre à un léger trait de scie, susceptible de se cicatriser, lorsqu'on opère à la base de la tige elle-même.

Dans la taille, on doit modifier les opérations suivant que les arbres portent leurs fruits sur le vieux bois ou sur les branches de l'année.

Pour certains végétaux à bois mous et spongieux, comme la vigne par exemple, il faut, en outre, pratiquer la section des rameaux à une certaine distance au-dessus des derniers bourgeons, pour éviter leur avortement, par suite de l'évaporation dont les tissus ligneux coupés sont le siége (1).

Lorsque au printemps on enlève, par la section ou l'ébourgeonnement, tous les bourgeons à bois, qui ne sont pas utiles à la charpente de l'arbre, en ne laissant que les bourgeons à fruit, on force alors le végétal à employer toute sa sève à la fructification, et on empêche en même temps la formation des tissus ligneux inutiles ou surabondants. Mais il convient de pratiquer cette opération, seulement lorsque la tige ou les branches des arbres ont acquis la force nécessaire pour supporter une fructification abondante.

Il arrive parfois que la taille ordinaire du printemps manque son but, c'est-à-dire ne provoque pas la mise à fruit de l'arbre. Ce résultat se produit lorsque, à la suite de cette opération, le sujet, planté dans un terrain fertile, émet de nombreux rameaux ou scions réguliers et droits, dans lesquels la circulation de la sève s'effectue plus facilement, et parce que l'effort principal de la végétation se portant à l'extrémité des branches, ne donne lieu qu'à une production ligneuse. On dit alors que l'arbre s'emporte. On remédie à cet inconvénient par la torsion ou la courbure des jeunes rameaux, ce qui ralentit la force de la végétation, et provoque immédiatement la production de bourgeons fructifères : les jeunes tiges tordues ou courbées sont ensuite supprimées par une taille dite d'été ou en vert.

La taille des arbres fruitiers doit être toujours modérée,

---

d'un arbre en vue de le faire fructifier. La pose d'une grosse pierre entre les branches tend un même but, par la pression qu'elle exerce sur les couches corticales.

(1) Voir page 399.

parce que, d'après M. Decaisne, la taille à outrance restreint la fructification à des proportions infimes, et que la production fruitière des arbres, dits en plein vent, peut seule alimenter la consommation des fruits à bon marché. On ne doit pas oublier aussi qu'une taille exagérée, ou inconsidérée produit souvent des désordres dans la circulation de la sève, et occasionne, chez certains arbres, des maladies ou des écoulements mortels de sucs, sous forme de gomme (1).

§ 3. — *De l'Ecorçage.*

Lorsqu'on veut utiliser l'écorce des bois taillis, il faut se rappeler que la couche corticale (2) ne se sépare facilement du corps ligneux qu'en temps de sève (3), et que dès lors ce genre d'exploitation ne peut se pratiquer que pendant la période assez courte des mois de mai et de juin.

L'écorçage n'est avantageux que dans les jeunes taillis, croissants aux expositions méridionales et dans les climats où la température moyenne est au moins de 8 à 10 degrés de chaleur; dans les autres conditions, l'écorce n'est pas assez riche, et sa valeur ne compense pas alors les frais d'exploitation, ni la perte sur le volume du bois comme combustible.

L'écorçage se pratique de deux manières : sur pied, ou après la coupe des brins.

Dans le premier cas, il est prudent de déterminer, par une entaille pratiquée rez-terre, le point de section ou de cassure de l'écorce, afin d'éviter tout décollement (4) sur la souche ou les racines, ce qui nuirait à l'émission des rejets. Il faut, en outre, avoir la précaution de couper la tige immédiatement

(1) D'après MM. d'Arbois de Jubainville et Vesque (*Maladies des plantes cultivées*), l'écoulement de la gomme se produit sur les arbres situés dans un terrain fertile et frais, qui ont une accumulation locale de matières plastiques et d'eau, et chez lesquels, par suite d'une cause quelconque (taille, blessures aux racines, gelée, décortication, ébougeonnement, etc.), le nombre suffisant des organes d'élaboration et de formation fait défaut.

(2) Voir livre II, chapitre V, section 11, page 124.

(3) Avec le procédé de l'écorcement à la vapeur, on serait dispensé de s'astreindre à l'enlèvement de l'écorce en temps de sève. Mais cette méthode ne s'est pas encore généralisée, malgré les avantages qui sembleraient résulter des expériences faites à ce sujet.

(4) Comme en temps de sève l'écorce se casse assez nettement, cet inconvénient se produit rarement.

après l'écorcement, afin que l'émission des rejets de souche ne soit pas retardée, ou que les bourgeons et les rejets ne soient pas brisés lors de l'abatage des brins. Il faut observer encore, que l'écorçage sur pied peut devenir nuisible, si on laisse les sujets décortiqués émettre leurs feuilles, parce que la souche s'épuise alors inutilement, tandis que ce mode d'opérer n'offre aucun inconvénient pour le recru, lorsque la tige est exploitée avant que les rejets de souche paraissent au collet de la racine.

Lorsqu'on abat les brins avant de les écorcer, on doit alors procéder à leur exploitation avec les précautions ordinaires, recommandées pour la coupe des taillis.

Comme l'abatage des bois à écorcer s'effectue forcément au moment de la chaleur, il est indispensable de couvrir les souches avec des feuilles ou de la terre, pour que les rayons du soleil n'en dessèchent pas le bois, et ne fassent pas décoller l'écorce, ce qui nuirait à l'émission des rejets, et à la conservation des souches elles-mêmes.

Un temps humide et doux facilite considérablement la levée de l'écorce, qui est au contraire ralentie par le froid, le vent, ou un temps sec (1).

Le rendement en écorce varie suivant l'âge, l'essence et l'exploitation du bois ; il est par suite très-difficile à déterminer d'une façon exacte. Pour le chêne yeuse, le bois perd dans l'écorçage, environ 1/5 en poids et 1/6 en volume ; pour le chêne blanc, la diminution en volume est à peu près de 1/8 dans le midi et de 1/6 dans le nord (2). Quoique ces proportions varient, suivant la dimension des bois écorcés, le vo-

---

(1) Un préjugé vulgaire assez répandu attribue, à la présence d'un troupeau de moutons, la faculté, de ralentir et même d'arrêter la levée de l'écorce dans les coupes. On ne peut pas s'imaginer la raison de ce préjugé, attendu que ce fait ne pourrait être que la conséquence du ralentissement ou de l'arrêt de la circulation de la sève, d'où il faudrait en conclure que le voisinage des moutons arrêterait le mouvement de la sève dans les végétaux ; autant dire que la présence de ces animaux les ferait périr.

Les expériences faites par M. Moreau-Mabille et M. Bouquet de la Grye, conservateur des forêts, ont d'ailleurs prouvé directement l'inanité de ce préjugé. (Voir *Revue des eaux et forêts*, *1879*).

(2) D'après M. Bouvard, dans la Nièvre, le chêne blanc débité en rondins donne 62 k. d'écorce par stère ; en charbonnette il en donne 45 k. En évaluant le bois au mètre cube plein, il donne 108 k. d'écorce. Le déchet sur le volume de bois est donc de 1/5 environ.

lume de l'écorce est généralement proportionné au volume du bois.

L'écorçage ralentit un peu le développement du recru, parce que les nouveaux bourgeons qui se produisent sont émis par des souches déjà en partie épuisées de sève, et qu'ils ont, en outre, moins de temps pour développer leurs organes et fortifier leur tige.

Enfin, comme dans les taillis on écorce seulement les jeunes cépées de chêne, et que les rejets de cette essence se trouvent par conséquent en retard sur les autres tiges du peuplement, il pourrait bien y avoir là une des causes de la disparition du chêne, signalée dans les taillis à courte révolution (1).

CHAPITRE V.

Considérations générales sur l'aménagement, des massifs boisés.

Section I. — Principes généraux de l'aménagement des forêts.

Un bon aménagement, c'est-à-dire une bonne méthode à suivre pour l'exploitation des bois, tel est le desideratum de toutes les personnes s'occupant de la gestion des forêts, parce que, ainsi que l'a dit Cotta, aucune gestion forestière raisonnée, sûre et régulière ne saurait être établie sans aménagement.

Afin d'éviter toute incertitude à ce sujet, il importe de dire, dès le début, qu'un aménagement n'est pas l'application à un massif boisé d'une certaine théorie admise, ou d'une méthode préconçue d'exploitation. C'est au contraire de l'étude des faits locaux, qu'on doit en déduire, comme résultante, les bases de l'aménagement lui-même, ainsi que l'ensemble de toutes les règles culturales applicables à la gestion d'une forêt.

Un aménagement rationnel doit, en principe, avoir pour

(1) Voir *Revue des eaux et forêts, 1878. — De la disparition du chêne dans les forêts du Nord et du Nord-Est de la France*, par M. Bouquet de la Grye.

objectif l'amélioration progressive de la forêt. Dès lors, cet ensemble de règles, par lequelles on cherche à la fois à obtenir la réalisation des produits les plus avantageux en nature et en argent, la régularisation des exploitations, la régénération naturelle des coupes, et enfin la conservation du massif, est forcément très-variable dans son but et son application, parce qu'il n'existe pas deux cantons de forêts identiques.

Néanmoins, on a longtemps, mais vainement cherché, à cause de la diversité des essences, des terrains et des situations, une formule ou cadre d'aménagement susceptibles de s'appliquer à toutes les forêts, et aux divers modes de traitement des bois en taillis ou en futaie.

Tous les systèmes, tour à tour préconisés ou abandonnés, ont été inspirés par cette idée, et par le désir d'avoir des règles d'exploitation simples et précises. Mais comment pourrait-on espérer de trouver des préceptes fixes et généraux, pour une science qui ne comprend et ne s'applique qu'à des faits spéciaux ? Toutes les pratiques culturales qu'on a cherché à indiquer pour les diverses essences, doivent toujours être modifiées suivant le terrain, le climat, la situation, les conditions économiques de la consommation, etc. N'est-ce pas reconnaître que, loin d'être générales et précises, ces indications se modifient si bien dans l'application, qu'elles ne peuvent plus être admises qu'à l'état spécial ; autant avouer alors qu'il ne peut pas exister de dispositions générales pouvant indistinctement s'appliquer à chaque forêt et à chaque aménagement (1).

La sylviculture ne paraît donc pas admettre de doctrine bien générale et bien précise sous ce rapport ; on pourrait même dire avec justesse, que la meilleure méthode d'aménagement à suivre pour chaque forêt est la plus simple, la plus régulière (2), celle qui a la sanction de l'expérience, qui réus-

(1) (2) Le sylviculteur éclairé et soigneux se proposera toujours dans ses travaux les conditions de production forestière les plus régulières possibles ;..... mais la constante mobilité de la nature forestière fait de l'aménagement une opération permanente qui, pour être conduite avec la promptitude désirable,.... doit être, pour le fonds et la forme, aussi que simple possible. Or cette condition ne peut s'accorder avec les grands calculs, les états monstres et les longues écritures, surtout si on considère que nul aménagiste n'est en état d'indiquer sûrement et exactement le véritable produit d'une forêt. L'expérience ne nous apprend-elle pas, d'ailleurs, que les gros livres de contrôle manquent volontiers leur but, sans parler de la perte de temps et de papier qu'ils occasionne ? (SINTZEL, inspecteur des forêts bavarois, traduit par PARADE. 1843).

sit le mieux à créer de beaux peuplements, et à former des massifs complets et bien venants. A cet égard, ainsi que l'a dit Cotta, l'application intelligente des principes de la culture des bois a plus d'importance que la fixation de la possibilité; aussi les méthodes d'aménagement doivent-elles varier avec les circonstances locales, et le but que l'on se propose. Il ne faut pas, en effet, que l'exagération de certaines conditions d'ordre ou de règlementation ait pour conséquence la création d'un type spécial d'aménagement quelconque, car on aurait alors le tort grave de chercher à créer une forêt idéale, au lieu de vouloir simplement aménager une forêt existante, et d'après l'état où elle se trouve.

Dans les diverses considérations, dont il faut tenir compte pour établir l'aménagement d'une forêt, on constate parfois que les principes économiques sont en désaccord avec les règles de la culture et de l'exploitation des arbres ; ce fait provient de la divergence des buts que l'on se propose. Il faut remarquer, en effet, que les principes économiques ne s'occupent que de la réalisation des revenus, de la consommation des produits, et de la satisfaction des divers besoins spéciaux du commerce et de l'industrie, tandis que les règles culturales naturelles tendent toutes, au contraire, à la conservation de la production ligneuse et des massifs boisés, en vue de l'intérêt général, de l'amélioration et de la fertilisation du sol.

Il est cependant nécessaire de trouver, dans les prescriptions relatives à la gestion d'une forêt, une ligne de conduite qui puisse concilier l'application des lois naturelles et des règles culturales, avec le respect dû, aux intérêts généraux et avec l'obligation de satisfaire les intérêts particuliers et ceux la consommation. Il suffit, pour cela, que l'aménagement soit inspiré, ou nettement subordonné à un principe dominant économique ou cultural.

Ainsi, par exemple, on doit examiner et décider, au préalable, si l'exploitation d'une forêt peut être soumise aux règles ordinaires, ou bien si sa conservation s'impose, au point de vue de l'intérêt général. Dans ce dernier cas, le massif boisé devrait être aménagé dans le seul but d'assurer la permanence de la végétation ligneuse, comme défense du sol, abri contre les vents, ou protection contre les avalanches, etc. Le mieux serait alors de laisser agir la nature, en s'abstenant, d'une manière presque absolue de toute opération forestière,

autre que l'enlèvement, en jardinant, des arbres morts ou complètement dépérissants, et l'ensemencement des places vides.

On doit aussi, suivant les divers cas, examiner avec soin si les besoins du commerce, de l'industrie, des populations, ainsi que les conditions économiques des produits doivent faire prèférer un certain genre d'exploitation forestière, ou bien si les règles culturales doivent seules prévaloir, sur toutes les autres considérations.

Dans les circonstances multiples et variées, que peut présenter l'exploitation des massifs boisés, le forestier doit enfin savoir s'il faut sacrifier les arbres, c'est-à-dire la production ligneuse accumlée, pour assurer la conservation et la régénération de la forêt ; ou bien si les avantages résultant de l'exploitation régulière des bois peuvent compenser la détérioration éventuelle du massif forestier, ainsi que les dépenses que nécessiterait, le cas échéant, le repeuplement artificiel du terrain.

Ces considérations générales permettent d'apercevoir combien peuvent être variées les prescriptions des aménagements à adopter, pour la gestion des massifs boisés. On comprend, dès lors l'impossibilité de préciser aucune règle à cet égard, et l'obligation de se borner à indiquer les points principaux à étudier, et sur lesquels on doit s'appuyer pour l'établissement d'un aménagement et la fixation du plan d'exploitation d'une forêt.

Section II. — Plan d'étude pour un aménagement.

Il est incontestable que toute forêt a besoin d'être aménagée, c'est-à-dire que sa gestion doit être réglée par un plan d'exploitation. Mais il importe de distinguer, à cet égard, les considérations générales et économiques se rapportant à son traitement, avec les règles pratiques et culturales s'appliquant plus particulièrement aux diverses opérations forestières, afin de ne pas confondre ces deux côtés de l'exploitation des bois.

Un massif boisé est un objet très-complexe, on pourrait presque dire organisé, dont l'aménagement doit être étudié à des points de vue très variés, mais qui peuvent cependant tous se rattacher à quatre divisions principales, savoir :

1° Détermination du traitement, soit en taillis simple ou composé, soit en futaie, en tenant compte des essences composant le peuplement, et de la nature des produits fournis ;

2° Fixation de la durée de la révolution et des affectations ou périodes, par rapport aux essences, à la croissance des arbres, à la qualité des bois et à la régénération des massifs ;

3° Réalisation des produits basée sur la possibilité de la forêt et la marche normale des exploitations ;

4° Désignation des opérations culturales, destinées à assurer l'application régulière de l'aménagement.

Ces diverses questions méritent chacune quelques observations particulières.

Mais avant d'aller plus loin, il importe de faire observer que, pour aménager une forêt, il faut, avant toute chose, la connaître à fond. Or, comme les massifs boisés trop étendus sont difficilement bien étudiés dans leurs détails, ou appréciés dans leur ensemble ; que d'autre part les forêts de 100 à 150 hectares en taillis, ou de 200 à 500 hectares en futaie sont dans de bonnes conditions d'exploitation, sous le rapport de l'importance des coupes; il conviendra de scinder les grands massifs boisés, de manière à les diviser en un certain nombre de fractions, formant chacune une petite forêt homogène et régulière. Ces divisions sont désignées sous le nom de *série*, auxquelles on applique le même principe d'aménagement indistinctement, ou bien avec les modifications résultant des circonstances spéciales.

Pour faciliter l'étude du peuplement, chacune des séries est ensuite subdivisée en un certain nombre de *parcelles*, formée par des peuplements uniformes, et situées sur des terrains présentant les mêmes conditions de fertilité. On doit chercher à donner à ces parcelles une contenance identique, peu étendue, et égale, autant que possible, à la superficie probable de la coupe annuelle.

Ces opérations, préliminaires à tout aménagement, constituent l'établissement des séries et du parcellaire ; elles ont une grande importance, parce qu'elles facilitent d'abord considérablement l'étude de la forêt, ainsi que tous les travaux de l'aménagement proprement dit. Ces divisions assurent ensuite dans l'avenir la marche réguliére des coupes sur le terrain.

§ 1er. — *Détermination du traitement des forêts.*

Le mode de traitement d'une forêt, qui constitue, en quelque sorte, le point principal d'un aménagement, est parfois déterminé par la nature du sol, mais plus encore par la qualité des essences composant le peuplement. Quel que soit le terrain, le régime de la futaie est obligatoire pour les arbres résineux qui ne se regénèrent que par semences, tandis qu'il est facultatif pour ceux qui repoussent de souches.

Les forêts peuplées en essence de cette nature peuvent alors être traitées soit en futaie (1), soit en taillis simple (2) ou composé (3).

Dans le second cas, la fertilité du sol, sa profondeur, son inclinaison et sa constitution sont les conditions déterminantes du mode de traitement à adopter. Les terrains médiocres et peu profonds offrent, en effet, des aptitudes pour la croissance des taillis simples, tandis que les taillis composés ne prospèrent que dans les terres fertiles ; mais si le sol a seulement de la profondeur, la futaie est alors surtout préférable, à cause de ses avantages, au point de vue de l'amélioration et de la fertilisation de la couche arable. On sait, en outre, qu'une futaie pleine réunit ordinairement les conditions d'une haute production ligneuse, parce que, sous son couvert, le sol reste frais et perméable, sans jamais former une croûte dure et sèche à la surface. Le terrain recouvert alors d'une couche de feuilles mortes, dont la décomposition fournit un terreau ou humus fertile, n'est jamais envahi par des herbes parasites, de telle sorte qu'il se trouve dans les meilleures conditions agricoles possibles (4).

---

(1) Les essences de futaie sont les chênes, hêtres, ormes, frênes, etc., c'est-à-dire tous les arbres susceptibles de vivre plus d'un siècle, et d'acquérir un grand développement et un grand accroissement ligneux.

(2) Tous les arbres qui repoussent de souches peuvent être exploités en taillis simple.

(3) Les taillis composés doivent être peuplés en essences repoussant de souches, mais susceptibles aussi de croître en futaie, pour pouvoir fournir de beaux arbres de réserve.

(4) Le sol se trouve, d'après M. Riondet (*L'agriculture de la France méridionale*), dans les meilleures conditions pour la végétation des cultures arbustives, lorsqu'il ne présente ni herbes, ni croûte, ni mottes.

Lorsque le terrain et les essences se prêtent également au traitement des taillis et de la futaie, les conditions économiques, ou les circonstances spéciales de la production interviennent alors sur la détermination du traitement de la forêt. Si le transport des grandes pièces de bois est trop difficile ou trop onéreux, ou bien si le commerce et l'industrie ne réclament que du bois de feu et du charbon, l'exploitation en taillis sera préférable; mais le traitement de la futaie devra, au contraire, être adopté, quand on trouvera des débouchés assurés et faciles pour les bois de grandes dimensions.

§ 2. — *Fixation de la durée de la révolution.*

La durée de la révolution, c'est-à-dire la fixation de l'âge auquel les bois doivent être exploités, dépend de la vitalité des essences composant le peuplement, et de la nature des produit qu'elles peuvent fournir.

Si la forêt est peuplée d'arbres susceptibles de vivre plus d'un siècle,et que l'on veuille produire des bois de service de très-grandes dimensions, il est alors loisible d'adopter une très longue révolution; tandis que celle-ci peut être abrégée,si les sujets perdent de bonne heure certaines de leurs qualités, ou si les besoins de la consommation ne demandent que des bois de chauffage, ou du bois d'industrie de petites dimensions. Il faut aussi, dans ce dernier cas, tenir compte des conditions nécessaires pour obtenir des souches la prodution de rejets vigoureux (1).

Les conditions économiques et la valeur commerciale des produits peuvent souvent, au point de vue du revenu en argent, faire préférer une révolution trop courte, et contraire au développement normal de végétaux. Mais il faut remarquer qu'on ne peut, sans inconvénients, se baser sur les seuls avantages pécuniaires, pour fixer la révolution d'une forêt, attendu que ce principe équivaudrait, en quelque sorte, à la négation de toute règle, autre que celle d'exploiter à chaque instant les bois qui, suivant les fluctuations commerciales, se vendraient le plus cher.

---

(1) Voir *Rejets de souches*, page 110 et suivantes.

§ 3. — *Réalisation des produits.*

L'étude de la réalisation des produits comprend deux questions bien distinctes : l'une est relative à la détermination de la quantité de matières à exploiter annuellement, et l'autre se rapporte à la fixation de l'ordre et de la marche des exploitions, ainsi qu'a la nature des opérations culturales forestières.

1° Appréciation de la possibilité.

La possibilité d'une forêt correspond à la quantité de substances ligneuses annuellement formée sur la surface boisée. Pour déterminer cette production, il faut connaître le degré ou coéfficient de fertilité en bois de chaque canton, ou évaluer, aussi exactement que possible, le volume de l'accroissement annuel des arbres. Ce genre d'opération présente, dans la pratique, des difficultés telles, que Cotta a pu dire, avec raison, qu'aucun aménagiste n'est en état d'indiquer, avec une entière certitude, le chiffre exact de la production ligneuse d'un massif boisé, c'est-à-dire, de déterminer la possibilité par volume d'une forêt.

A défaut de la possibilité par volume, on peut avoir recours, pour les futaies, à la possibilité par arbre, et pour les taillis, à la possibilité par contenance. A l'égard des futaies, il est souvent superflu de se livrer à des calculs trop approfondis sur leur production, parceque lorsqu'on cherche à se rapprocher rigoureusement de la possibilité exacte, on court grand risque de la dépasser. C'est peut-être parce que les anciens forestiers ne recherchaient pas autant de précision dans leurs évaluations, qu'ils sont probablement souvent restés au-dessous de la possibilité, et qu'ils ont, par suite, laissé des forêts riches en beaux peuplements et en beaux arbres,

Dans tous les cas, afin de favoriser l'amélioration du sol, pour éviter tous mécomptes, et prévoir en outre les éventualités résultant des phénomènes atmosphériques, il sera toujours prudent de rester un peu au-dessous de la possibilité absolue ; cette précaution peut rarement devenir nuisible, parce qu'il est bien facile de couper les arbres surabondants, tandis qu'il est impossible de remettre en place ceux coupés mal à propos.

Dans les forêts exploitées en taillis, la division de la superficie en un certain nombre de coupes d'égale contenance, ou proportionnelles à la fertilité du sol, et destinées à fournir les exploitations annuelles, ne présente aucune espèce de difficultés.

3° Ordre et marche des exploitations.

Le principal but d'un aménagement est la fixation de l'importance et de l'ordre des coupes, à défaut de quoi, il ne peut y avoir d'exploitation régulière. Mais l'exécution de ces prescriptions ne peut être assurée et maintenue, que si les coupes sont, autant que possible, assises sur le terrain, de proche en proche, et conformément à toutes les indications culturales.

Cette manière de procéder a l'avantage de grouper les bois de chaque classe d'âge, et de faciliter la vente et le transport des produits. Il sera bon de chercher, en outre, à égaliser le revenu annuel ; mais c'est là une simple mesure d'ordre, qui ne doit jamais influer sur les autres considérations culturales, s'appliquant à la nature ou à la consistance des exploitations.

Il semble que les coupes de taillis peuvent seules être régulièrement fixées par contenance, et qu'il n'en est pas de même pour les coupes de futaie, s'effectuant suivant les conditions de la régénération. Cependant les nettoiements et les éclaircies, dans les futaies, sont établies par contenance, et de proche en proche, conformément aux règles indiquées pour ces opérations ; quant aux coupes principales ou de régénération, il sera préférable, lorsque cela est possible, de les établir aussi par contenances égales (1). Dans ces coupes, les exploitations devant comprendre un certain nombre de sujets seront toujours plus régulières, lorsque la possibilité sera fixée par nombre d'arbres d'une dimension déterminée, au lieu d'être spécialement basée sur le volume des bois à abattre.

---

(1) En Saxe, la division des différentes parties de forêts et leur distribution dans les affectations périodiques a lieu par contenance, en tenant compte de la fertilité, Ce procédé imprime à toute l'opération une marche sûre, jointe à une grande simplicité ; de plus, il rend la vérification plus simple et plus précise que par la méthode qui s'appuie principalement, pour la formation des affectations, sur le calcul et la distribution du volume. (*Congrès d'Altembourg*, 1843) Baron de BERLOPSCH. — Traduit par PARADE.

3° Opérations culturales ou forestières.

Les opérations forestières varient nécessairement suivant les conditions du peuplement, et ne peuvent, par suite, avoir d'autres principes que l'application des règles culturales, relatives à l'amélioration et à la conservation des massifs.

Pour les taillis simples, la réserve des baliveaux de l'âge soit en bordure et le long des chemins, soit comme porte-graines n'offre aucune difficulté, attendu qu'il s'agit seulement de conserver des brins susceptibles de prospérer pendant une seconde révolution.

Pour les taillis composés, la désignation des arbres réservés, à choisir parmi les sujets les plus sains et les plus vigoureux, est subordonnée à la qualité des essences, à la nature et à la fertilité du sol, ainsi qu'à la situation et à l'exposition de la coupe. Cette opération demande, pour être bien faite, toute l'attention et l'expérience du forestier ; mais comme une réserve considérable n'est jamais un mal, on peut, à cet égard, adopter sans crainte des chiffres assez élevés.

A cause de l'influence de leur houppier, les réserves doivent être bien distribuées et convenablement espacées. On ne doit cependant pas oublier, que si le couvert des arbres réservés gêne un peu la croissance du recru des souches, cet inconvénient est généralement très-largement compensé par l'accroissement des arbres de futaie. Dès lors,en ce qui concerne les baliveaux de l'âge,on peut, sans hésitation, réserver une grande quantité de beaux brins de semence, au risque de surcharger la coupe, parce qu'on pourra enlever, à la fin de la seconde révolution, tous les arbres en excès ; quant aux modernes et aux anciens,on peut établir cette réserve jusqu'à couvrir le quart de la superficie du terrain.

Ce qui peut d'ailleurs rassurer, au sujet du nombre des arbres réservés dans les coupes de taillis,c'est d'abord que leur couvert fertilise le sol, et qu'il est toujours, en somme, bien facile de faire des taillis avec la futaie, tandis que l'inverse est souvent impossible. En réservant beaucoup d'arbres, on tend par conséquent à enrichir la forêt,qui s'appauvrit par l'opération contraire : entre deux excès, il paraît donc naturel de pencher vers celui qui ne peut être qu'avantageux pour le massif.

En ce qui concerne les forêts traitées en futaie, la méthode du réensemencement naturel au moyen de coupes principales d'éclaircies peut-être bonne pour les pays froids, en plaine, et pour certaines essences d'ombre ; dans les montagnes, ce mode d'exploitation est difficile et parfois même dangereux ; dans les massifs peuplés en pins sylvestre, il devient d'une application plus restreinte, et n'est enfin guère praticable pour les futaies de chêne. On comprend qu'il est, en effet, assez peu rationnel d'appliquer les mêmes règles culturales aux coupes de régénérations effectuées dans des bois de sapins et de chênes, ou bien à des peuplements de hêtres et de pins, et situés dans les plaines ou sur les montagnes.

Les opérations pour l'exploitation des essences d'ombre sont toujours très-délicates, parce que le jeune peuplement, destiné à former la future forêt,ne peut se constituer que sous un massif préexistant, et que les bois de ces essences ne peuvent pas se créer par voie de semis ou de plantation, en terrain découvert. Quant aux arbres de lumière (1) qui, supportant mal l'état serré, ne forment pas des massifs étagés, et dont les jeunes plants périssent sous le couvert, il semble préférable de les exploiter par trous et par bouquets, au lieu d'y pratiquer des éclaircies successives ; il faut surtout avoir le soin d'y conserver tout le sous-bois, qui maintient la fraîcheur du sol.

Dans les forêts peuplés en essences d'ombre (sapins, hêtres etc.), le jardinage bien dirigé donne, en général, d'excellents résultats ; comme le tempérament des jeunes plants n'exige pas une lumière vive, et leur permet de résister longtemps sous le couvert, les coupes par petits trous espacés peuvent, suivant les circonstances, très-bien réussir.

Dans les hautes montages, les massifs boisés présentent souvent des conditions spéciales d'exploitation, suivant leur situation ; lorsque l'exploitabilité absolue ou physique est la seule possible, afin de conserver le terrain toujours boisé, la méthode jardinatoire est alors par suite la seule rationnelle et possible,attendu que,sur les hauts sommets,l'erreur d'un fores-

(1) D'après M. Broilliard, conservateur des forêts et professeur à l'Ecole forestière (*Le rôle des pins et du mélèze dans la production du sol*), le jardinage ne convient pas aux arbres résineux avides de lumière, comme les pins ou les mélèzes.

tier peut devenir une faute irréparable. Dans ces conditions, un bois éclairci et entamé est parfois perdu, ou a besoin d'une très-longue période de temps pour se reconstituer.

Les anciennes pratiques du jardinage, qui ont servi à constituer de beaux massifs de futaie, ne sont donc pas à dédaigner; il semble avantageux de suivre, à cet égard, cette méthode simple et facile, dont les résultats sont certains, plutôt que celles dont les conséquences ne peuvent être assurées que par un concours de circonstances favorables, et une main très-exercée.

Il est incontestable, en effet, que la coupe jardinatoire, résultant d'une notion simple et d'un exemple naturel, est en général d'une exécution très-facile, puisqu'elle ne comporte que l'enlèvement d'un certain nombre d'arbres, d'une dimension fixée, et choisis parmi les plus âgés, ou ceux dépérissants. La dimension des arbres à abattre peut être facilement déterminée par leur croissance moyenne, pendant la durée de la révolution, et leur nombre, par hectare, représente le peuplement moyen des arbres exploitables. La seule difficulté réside dans la juste appréciation du couvert d'un arbre de l'âge de la révolution, en vue de connaître le peuplement moyen de l'hectare ou de la coupe ; or quelques expériences directes permettent de résoudre facilement cette question.

Si on veut bien réfléchir que les éclaircies et le jardinage sont, suivant l'âge des arbres, l'application des lois naturelles à la croissance et à la reproduction des massifs boisés, on sera conduit à pratiquer d'abord des coupes d'éclaircies dans les jeunes peuplements complets pour en activer l'accroissement, et à favoriser ensuite la régénération dans les massifs mûrs, en suivant les exemples fournis par la nature. On obtiendra aisément le résultat cherché, en ouvrant suffisamment le massif, soit par l'enlèvement régulier des arbres jeunes, soit par l'abatage en jardinant des arbres vieux ou dépérissant, soit en pratiquant des trous disséminés çà et là, ou bien en conservant des bandes boisées, ou des bouquets d'arbres espacés comme porte-graines, ou même encore par des coupes à blanc étoc.

C'est là ce qu'on pourrait appeler la méthode par sélection, avec laquelle on peut choisir et appliquer à chacune des coupes, dont l'ordre et la marche régulière sont assurés au moyen de la division du massif par contenance égale, le genre d'opéra-

tions culturales et forestières le mieux approprié au peuplement, et au but que l'on se propose.

Ces principes généraux ne sont pas nouveaux, et n'offrent rien de particulier ; ils résultent de la déduction logique des règles culturales, conduisant à appliquer, à modifier et à diversifier les opérations des coupes, suivant les circonstances spéciales des essences, du peuplement et de la localité.

On doit, en effet, dans toutes les opérations forestières, se conformer aux indications de la physiologique végétale, et ne pas oublier que l'air et la lumière sont les deux principes de la végétation. De même qu'un jardinier expérimenté proportionne l'irrigation à la qualité du sol et à la nature des plantes, de même le forestier prudent doit, par l'exploitation d'un certain nombre d'arbres, distribuer dans les massifs l'air et la lumière, suivant les conditions spéciales résultant de la constitution du sol, ainsi que de l'exposition, de la situation et du tempérament des arbres.

Dans les questions forestières,il faut abandonner toute idée préconçue ; c'est l'étude de chaque forêt qui doit déterminer et faire connaître les conditions de son aménagement, attendu que, comme l'a dit Pfeil, l'observation des arbres et de leurs rapports avec la nature est le moyen le plus efficace pour déterminer la culture et le traitement qui leur conviennent. Mais le combat pour l'existence est une loi naturelle s'appliquant également aux végétaux, et l'aménagement doit être, jusqu'à un certain point,la règle de ce combat dans les forêts, de manière à ce que l'homme utilise les vaincus, sans que les lois générales de la nature en souffrent.

Enfin,comme les bons principes se traduisent et se prouvent par les faits, on peut dire que les meilleurs principes d'aménagement sont ceux qui permettront à tous les forestiers de conserver et d'améliorer les massifs boisés, et non pas ceux qui contiennent le plus de prescriptions minutieuses, ou qui répartissent le mieux les produits des exploitations dans les massifs boisés.

CHAPITRE VI.

Considérations générales sur l'importance de la conservation des arbres et des massifs boisés.

De toutes les richesses nationales de la France, les forêts seules présentent ce caractère particulier, que s'il est facile à l'homme de les détruire, leur disparition peut avoir pour le pays, le climat, le sol, et au point de vue de l'intérêt général, des inconvénients très-graves, et bien souvent irréparables.

Il est en effet aujourd'hui reconnu (1), que l'état boisé du sol augmente la moyenne annuelle d'humidité relative de la terre, dans une proportion d'autant plus grande que l'altitude des forêts est plus considérable. La chûte des eaux météoriques (rosées, pluies, brouillards, neige, etc.) est aussi plus abondante dans les régions boisées, que dans celles dépourvues de bois, et leur fréquence, ainsi que leur intensité, augmentent également avec l'altitude.

Le climat des régions boisées est, en toute saison, plus humide que celui des sols nus, et cette influence se fait particulièrement sentir pendant l'été. D'après ses observations, M. Grandeau (2) conclut que la destruction des forêts, sur de grandes étendues, a pour effet de diminuer notablement l'humidité relative pendant les mois chauds, et dans les régions chaudes ; elle rend plus rares les pluies, et leur enlève leur intensité. Le sol des pays déboisés sur une vaste surface est ainsi moins humide, et les sources s'appauvrissent. Enfin, dans les plaines et sur les plateaux, les inconvénients du déboisement se font sentir d'une façon plus manifeste, en ce qui concerne la diminution des pluies, que dans les pays de montagnes. Il est en outre incontestable que les productions agricoles d'une contrée, et sa population sont en rapport avec son état boisé ; l'exemple des pays déboisés tels que l'Arabie, l'Egypte, la Grèce, une partie de l'Asie-Mineure, l'Espagne, etc., doivent par conséquent faire comprendre toute l'importance des forêts.

Combien ne doit-on pas, alors, apporter des soins à la con-

(1) (2) Voir *Cours d'agriculture* professé à l'Ecole forestière, par M. A. GRANDEAU.

servation d'une propriété, dont la destruction influe si directement et si fâcheusement sur l'intérêt général et la prospérité d'un pays. Que faut-il donc pour amener la destruction d'un massif boisé, la dénudation et le ravinement d'une montagne ? Il suffit d'une exploitation abusive, inconsidérée ou irrationnelle, pour réaliser ces fâcheuses et souvent irréparables conséquences. Les exemples de ces faits ne sont que trop nombreux en France (1).

L'homme ne peut pas faire sentir son action sur les végétaux, parce qu'il ne peut pas les changer de place, pour modifier leur condition d'existence ; il ne devrait donc pas oublier que s'il lui est facile de couper un arbre centenaire, il lui est impossible de le remplacer. Il peut sans doute semer une graine, ou planter un jeune sujet sur le même emplacement, mais cela ne suffit pas ; il faut un siècle pour que l'arbre coupé soit réellement remplacé, et qu'une forêt soit reconstituée.

On peut abréger, avec de l'argent, le temps nécessaire à la confection des travaux humains ; mais pour les corps organisés, créés par une puissance supérieure, rien ne peut remplacer le temps. C'est là, en effet, un des plus puissants facteurs de la production forestière et ligneuse, et il échappe complètement à la main et au pouvoir de l'homme.

Un bon forestier doit donc être naturellement conservateur des forêts et des arbres, parce qu'il sait tout le mal que peut faire une main cupide et inintelligente ; il doit être toujours prudent et réservé dans les opérations culturales, parce qu'il connait sa faiblesse vis-à-vis de ce redoutable problème, où la main de l'homme intervient si directement, en face des forces naturelles de la végétation. Pénétré de l'importance des massifs boisés, il ne doit pas chercher à faire plus ou mieux que la nature elle-même; il doit seulement s'efforcer d'en bien étudier et connaître les lois, afin de ne pas les contrarier, et avoir surtout toujours présent à l'esprit cette profonde vérité: que la sylviculture ne s'apprend que par l'examen approfondi et l'étude constante de la forêt.

C'est en suivant cette marche, qu'on peut être certain de bien gérer les forêts. Tout propriétaire ou possesseur de bois

(1) Il est incontestable que la superficie réellement boiséetend plutôt à diminuer qu'à s'augmenter en France, où elle n'occupe que la sixième partie du sol, soit 17 p. 0/0 du territoire.

doit, en outre, être bien convaincu, que le seul et unique moyen de les améliorer est d'y conserver avec soin sur le sol tous les détritus feuilles, litière, etc,, qui le fertilisent par leur transformation en humus, et surtout d'en écarter les troupeaux (1).

Quoique les forces naturelles végétatives soient sans doute suffisantes pour créer, conserver et améliorer les forêts, il n'y a jamais aucun inconvénient à laisser des arbres sur pied, attendu qu'on peut les couper, quand besoin est, tanque nulle puissance humaine ne peut remettre sur pied un arbre abattu, et qu'on regrette alors, mais vainement, les exploitations anticipées ou prématurées.

Comme l'oubli, ou la violation de ces règles n'est pas toujours immédiatement suivi des fâcheuses conséquences indiquées, cette circonstance peut faire douter parfois de leur importance. Mais si la nature cherche toujours à réparer les fautes des hommes; si dans les phénomènes naturels rien ne se fait brusquement; on ne doit pas oublier aussi que les lois naturelles sont néanmoins inflexibles, et que lentement, mais sûrement,les conséquences de leur violation se réalisent tôt ou tard. Il importe dès lors d'être bien persuadé qu'en s'écartant des règles culturales, dans les soins à donner aux arbres isolés ou aux massifs,on s'expose volontairement à des mécomptes inévitables, qu'une étude, et une connaissance plus approfondie des principes de la physiologie végétale, des lois naturelles, et des circonstances locales auraient facilement permis d'éviter.

---

(1) Si, par suite de circonstances particulières, on ne peut pas se priver du pâturage des troupeaux,il importe que, dans aucun cas, ni sous aucun prétexte, le nombre des animaux introduits dans les cantons défensables n'excède 2 têtes de menu bétail (moutons) pour 3 hectares, ou une tête de gros bétail (vache ou bœuf) pour 4 hectares. — Voir à ce sujet *Le Pâturage sur les terrains gazonnés et boisés. — Règles pratiques du parcours*, par Antonin Rousset, inspecteur des forêts.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES MOTS TECHNIQUES EMPLOYÉS DANS LE COURS DE L'OUVRAGE.

Les noms des espèces végétales sont en italique.

A

Abatage, 392.
Abatage (saison de l'), 388, 389.
Abiétacées, 30.
Abri, 99, 100, 102, 104, 109, 140, 218, 228, 229.
Abricotier, 242.
Absorption, 49, 50, 74, 231, 244, 252.
Absorption des terrains, 174.
Acclimatation, 271.
Accroissement, 46, 71, 86, 88, 89, 143, 146, 148, 214, 220. 329, 356, 397.
Accroissement annuel, 161, 315, 317, 329, 354, 356, 419.
Accroissement des arbres isolés, 160.
Accroissement des massifs boisés, 315, 320.
Accroissement moyen. 161, 318, 356.
Acides (action des), 95.
Acide carbonique, 74, 95, 146.
Acide carbonique (décomposition de l'), 59, 230, 243.
Acide chlorydrique, 95.
Acide nitrique 185, 187, 265, 268.
Acide phénique, 95.
Acide phosphorique, 122, 124.
Acide tannique, 128.
Acacia, 80, 90, 272.
Acaciées. 32.
Acérinées, 32.
Activité vitale, 37, 38.
Adaptation, 10, 272.
Affectation, 371, 416.
Agaricus melleus, 278, 306.
Age de la fructification, 359.
Age des bois, 325, 337, 418.
Age du maximum d'accroissement, 359.
Aiguilles des conifères, 67.
Ailanthe, 91.
Air, 99, 424.
Albumen, 98.
Albumine, 121, 226.
Alcalis (action des), 95.
Algues, 22, 28, 30.
Alisier, 81, 90, 91, 96. 101, 104, 105, 130, 218.
Allongement des arbres, 157, 401.
Allongement des axes, 153, 231. 236, 313.
Allongement des racines, 76.
Alternance des cultures, 188.
Alternance des essences, 188, 274.
Altitude, 212, 225, 239, 425.
Amélioration du sol, 115.
Aménagement, 412.
Ameublissement, 205.
Amidon, 39, 41, 43, 118, 120, 228, 230, 388.
Amidon (résorption de), 144.
Ammoniaque, 146, 181, 185. 187, 216, 260, 263, 265, 268.
Ampelidées. 32.
Amygdalées. 32.
Anciens. 384. 421.
Apocynés. 32.
Apparition des espèces végétales. 33.
Apparition des formes végétales. 34. 114.
Appréciation de la possibilité. 419.
Arbres (distribution des). 63.
Arbres à feuilles persistantes. 65. 227. 305.
Arbres à semences légères. 105.
Arbres à semences lourdes. 105.
Arbres de futaie. 223.
Arbres de lumière. 89. 104. 105. 142. 280. 288. 297. 422.
Arbres d'ombre. 90. 104. 107. 142. 281. 288. 297. 422.
Arbres d'ornement. 304. 305. 404.
Arbres fruitiers. 306.
Arbres isolés. 89. 356.
Arbres mort (remplacement des). 306.
Arbres mûrs. 360. 371.
Arbres nains. 407.
Arbres réservés. 106. 142. 216. 322.
Arbres résineux. 64. 122. 199. 305. 348. 375. 387.
Arbustes. 104. 143.
Argile. 167.
Aromates 228. 235.
Arrachis des arbres 263. 266.
Arrachis des plants. 300.
Arrachis des plants par la gelée. 253.
Arrosage. 76.
Assiette des arbres. 135.
Assiette des coupes. 211. 266. 381.
Assimilation. 47. 49. 181. 221. 243.
Assolement des cultures. 188. 275.
Aubépine. 242.
Aubier. 116. 117. 119. 145. 3[illegible]7.
Aune. 80. 81. 88. 90. 91. 96. 101. 102. 104. 105. 124. 130. 136. 140. 147. 148. 169. 212. 222. 223. 224. 293. 296. 297.
Avortement des fruits. 252.
Azote, 74. 119. 120. 183. 185. 187.
Axes, 119.

B

Baguenaudier, 242.
Balancement des organes (loi du) 36.
Balivage dans les taillis simples, 382.
Balivage normal, 384.
Balivage dans les taillis sous futaie, 383.
Baliveaux, 322, 342, 349, 373, 421.

Baliveaux, (nombre des) 383. 421.
Balsamifluées, 31.
Bandes boisées, 423.
Bande, (plantation par) 302.
Bande, (semis par) 294.
Banquette gazonnée, 303.
Bas-fond, 252.
Bêtes bovines, 313.
Bétulacées. 31.
Bifurcation de la tige, 131.
Billonnage, 206.
Binage, 207, 220. 303.
Blé, 272.
Blessures, 124.
Blessures des racines, 277.
Bois, 40, 116, 120, 133.
Bois blanc, 111, 117, 306, 308, 367.
Bois couvert, 390.
Bois d'automne, 116, 144.
Bois de charpente, 351.
Bois de cœur, 116, 117, 145.
Bois de feu, 342, 351, 418.
Bois d'industrie, 351, 352.
Bois demi dur, 117.
Bois d'œuvre, 332.
Bois de printemps, 116, 144.
Bois des souches, 133.
Bois dur, 251, 308.
Bois gelé, 249.
Bois gras, 117.
Bois gris, 390.
Bois mort, 122.
Bois parfait, 116, 117.
Bois pelard, 390.
Bois tendre, 308.
Boisement, 285.
Bordure boisée, 105.
Bordure d'abri, 267.
Botanique, 15.
Bouleau, 80, 90, 91. 96, 101, 104, 105, 124, 130, 136, 140, 147, 148, 166, 170, 216, 218, 222, 224, 242, 280, 296, 297, 332, 367, 375.
Bouquets, 422, 423.
Bourgeon, 40, 82, 394.
Bourgeon adventif, 83, 110, 393.
Bourgeon, (développement du) 83, 309.
Bourgeon florifère, 83, 155.
Bourgeon foliifère, 83.
Bourgeon normal, 82.
Bourgeon mixte, 83.
Bourgeon proventif, 83, 110.
Bourgeon terminal. 152.
Bouture, 88, 118, 307, 397.
Branchage des coupes, 396.
Branche, 112, 135.
Branches (allongt des) 153.
Branches charpentières, 404.
Branche gourmande, 90.
Brin abrouti, 313.
Brin rabougris, 313.
Brin de semence, 88, 149, 321, 333.
Brise, 265.
Brouillard, 58, 211, 222, 236, 254, 425.
Brulis, 203
Brume, 254, 256.
Bruyère, 104, 143.
Bruyère blanche, 166.
Buis, 166.
Bulbe, 82.
Buttage, 206, 292, 301.
Butte, 301.

C

Caducité des feuilles, 60, 63.
Cœsalpinées, 32.
Caieu, 82.
Calcaire, 170.
Calcination de l'argile, 205.
Cambium, 127, 128.
Capacité calorifique, 351.
Carbonate de chaux, 170.
Carbone, 120, 146, 183.
Caroubier, 87, 90, 91, 287, 288, 406
Caséine. 121.
Cassement des branches, 311. 406. 408.
Catalpa, 242.
Cèdre, 81. 90. 91. 101 102. 104. 105. 124. 130. 147. 148. 217. 297.
Celastrées. 32.
Cellules épidermiques. 120.
Cellules ligneuses. 116. 132. 144.
Cellules (multiplication des) 154. 243.
Cellules subérifiées. 124.
Cellulose. 39. 120.
Celtidées. 31.
Cendres. 74. 120. 121. 122. 166. 351.
Centre de création. 7.
Cépées. 112. 152.
Cerisier. 104. 105. 172. 242.
Chaleur. 77. 89. 94. 238. 241. 248.
Chaleur obscure. 256.
Champignons, 30. 50. 232.
Champignon parasite. 277.
Characées. 27. 30.
Charbon. 351.
Chataignier. 80. 90. 91. 93. 96. 101. 102. 104. 105. 124. 134. 140. 147. 148. 166. 170. 217. 287. 296. 306. 352. 386.
Charme. 80. 90. 91. 96. 102. 104. 124. 130. 140. 147. 148. 166. 169. 208. 211. 217. 222. 242. 296. 297. 306. 332.
Charpente ligneuse des arbres. 406.
Chaux. 121. 184.
Chêne, 80. 90. 91. 96. 101-102. 104. 105. 124. 130. 136. 140. 147. 148. 166. 169. 170. 208. 217. 222. 242. 279. 287. 288. 293. 296. 302. 306. 329. 330. 332. 349. 351. 352. 359. 367. 373. 386. 411. 417. 422.
Chêne liège. 81. 90. 91. 101. 102. 104. 105. 124. 130. 140. 148. 166. 170. 216. 287. 288.
Chêne yeuse. 81. 88. 89. 90. 91. 101. 102. 104. 105. 113. 130. 140. 147. 148. 166. 172. 217. 287. 288. 370. 391. 393. 406. 411.
Chenille. 144.
Chenopodinées. 31.
Chevaux .313.
Chevelu des racines, 75. 192.
Chèvre. 314.
Chicot. 112. 314. 394. 399. 403. 404.
Chlore. 121.
Chlorophyle. 50. 121. 230. 243.
Chlorose des feuilles. 54.
Choix des essences. 285. 288.
Choix des graines. 289.
Choix des plants. 297.
Chrysanthème des Indes. 272.
Chûte des feuilles mortes. 40. 65. 124. 244.
Clématite. 242.
Climat. 12. 212. 225. 230. 248.
Climat chaud. 227. 280.
Climat des plaines. 226. 228.
Climat des montagnes. 226. 228
Climat marin. 224. 226. 229.
Climat méridional. 257.
Climat tempéré. 230.
Climat terrestre. 226. 229.
Cicatrisation. 115. 124. 398. 402.
Circonférences des tiges. 159.
Circulation de la sève. 41. 54. 111. 124.
Circulation de l'eau. 117.
Clairières. 372. 378.
Coaltar. 398.
Col. 218.
Collet. 305.

Colmatage. 261.
Colophane. 121.
Coloration des feuilles. 68.
Coloration des rayons lumineux, (influence de la) 231.
Coloris des fleurs. 235.
Combat pour l'existence. 424.
Combretacées 32.
Combustibilité des bois. 214. 389.
Combustible 119.
Compacité des terrains. 173.
Composition des corps ligneux. 114. 120.
Compression de l'écorce. 127.
Condensation. 255.
Condition d'existence des végétaux. 7. 32. 35. 86.
Conferves. 232.
Congélation des végétaux. 248.
Conifères. 25. 27. 28. 88.
Connexion, (loi de) 35.
Conservation des arbres. 425.
Conservation des bois. 389.
Conservation des graines. 90. 97. 98.
Consistance des terres. 168.
Copeaux. 396.
Cormier, 104. 207.
Cornouiller. 242.
Corps cellulosique. 120.
Corps épiangiotique. 121.
Corps ligneux. 49.
Corrélation. (lois de) 35.
Cotyledon. 98. 99.
Couche arable. 163.
Couche cellulaire. 127.
Couche cicatrisante. 69.
Couche corticale. 119. 124.
Couche herbacée. 129.
Couche ligneuse. 89.
Couche ligneuse annuelle. 116. 161.
Couche subéreuse. 69. 124.
Coudrier. 88. 90. 91. 101. 124. 130. 143. 217. 242.
Coulure. 408.
Coup de soleil. 246.
Coupes. 105. 364.
Coupe à blanc étoc. 105. 109. 278. 374. 423.
Coupe annuelle. 416.
Coupe à tire et aire. 105. 373.
Coupe claire. 371. 372.
Coupe d'éclaircie. 365 378.
Coupe d'ensemencement. 109. 369.
Coupe définitive. 109. 371.
Coupe de régénération. 368.
Coupe des branches. 396. 406.
Coupe des branches mortes. 398.
Coupe de sélection. 371. 379. 423.
Coupe des tiges. 387. 392.
Coupe de taillis. 150.
Coupe entre deux terres. 113. 312. 393.
Coupe espacée. 108.
Coupe jardinatoire. 371. 375 422.
Coupe par bandes alternes. 373.
Coupe par bouquets. 373. 378.
Coupe par éclaircissage. 369.
Coupe par extraction d'arbres. 371. 378.
Coupe préparatoire. 370.
Coupe principale. 368.
Coupe rez-terre. 112. 311. 393.
Coupe secondaire. 109.
Coupe sombre. 108. 370.
Courant d'air. 265.
Courbure des branches. 251. 409.
Courbure des tiges. 231.
Courge. 159. 252.
Cours d'eau. 33.
Couvert. 99. 139. 210. 225. 236. 268. 279. 318. 322. 329. 383. 421.
Couverture du sol. 71. 176. 334.
Craie. 171.
Création. 5. 7.
Création des massifs boisés. 285.
Crêtes. 218.
Croissance des arbres. 143. 147. 245.
Croissance des bois. 71. 146.
Croissance des brins de semence. 149.
Croissance des rejets de souches. 150.
Cryptogames. 232.
Cubage du matériel des massifs. 336.
Culture, (conditions normales de) 271.
Culture du sol. 200.
Cupressacées. 31.
Cupulifères. 31.
Cuticule. 120. 124.
Cycadinées. 25. 27. 28. 30.
Cypéracées. 31.
Cytise. 91. 242.

D

Daphné. 242.
Darlingtonia. 50.
Déboisement. 262. 401. 425.
Débordement. 222.
Déchaussement des plants. 253.
Décollement de l'écorce. 391. 393. 410.
Décomposition des roches. 32.
Décomposition des substances végétales. 181. 188. 277.
Décortication. 128.
Découpe. 392.
Défeuillaison. 60. 65. 71.
Défoncement. 203.
Dégel. 248.
Démasclage. 126.
Demi-cassure des branches. 311.
Densité des bois. 116. 119. 145. 352. 353.
Densité des écorces. 129.
Densité des graines. 91.
Densité des terrains. 173.
Dépression des terrains. 252.
Dermose. 120.
Désagrégation des fibres. 314.
Désarticulation des feuilles. 69.
Desséchement du sol. 266.
Dessication des bois. 392.
Destruction des forêts. 425.
Détermination du traitement des forêts. 416. 417.
Détritus ligneux. 176. 334.
Développement d'un massif boisé. 315.
Dextrine 39. 96. 120.
Dialyse. 74.
Diastase. 39. 120.
Dicotylédones. 29. 31.
Diffusion. 42. 74. 122.
Digestion. 48.
Dionée. 50.
Dimension des arbres. 159. 423.
Direction des branches. 136.
Dispersion des graines. 102.
Dissemination des semences 46. 90. 272. 292.
Distribution des essences. 63 64. 165.
Division du travail (loi de la) 36.
Double aubier. 251.
Drageons. 80. 82. 113.
Drosera. 50.
Dunes. 224.
Duramen. 116.
Durée de la révolution (fixation d) 416. 418.
Dureté du bois. 116. 145. 246.

E
Eau (action de l'). 219.
Eau courante. 222.
Eau de drainage. 192.
Eau non courante. 223.
Eau pluviale (distribution de l'). 258.
Eau souterraine. 219.
Eau superficielle. 219.
Ebourgeonnement. 406. 409.
Ebranchement des arbres. 395.
Echauffement de l'air. 87.
Echauffement des terrains. 175.
Eclair. 186.
Eclaircie. 106. 236. 318. 345. 365. 378. 420. 422.
Eclaircissage. 217. 369.
Eclairement des massifs. 237.
Ecliptique (déviation de l'). 12.
Ecobuage. 203.
Ecorçage en général 410.
Ecorce. 116. 124. 127.
Ecorcement. 112.
Ecorcement sur pied. 370. 388.
Ecoulement de l'eau sur le sol. 259.
Ecoulement de gomme. 397.
Ecran. 256.
Effeuillage. 406,
Effeuillaison. 60. 72. 144. 242.
Elaboration. 49.
Elagage. 305. 399.
Elagage des réserves. 402.
Elasticité des arbres. 145. 266.
Elasticité des tissus. 101. 391.
Electricité. 87. 99. 140. 185. 268.
Eléments minéraux. 74.
Embryon. 93.
Emondage. 397. 404.
Endosmose. 41. 74.
Endosperme. 98.
Enlèvement des feuilles mortes. 71.
Enracinement. 78. 133. 134.
Ensemencement. 102.
Enterrement des graines. 292.
Enterrement des plants. 301.
Entre-nœuds. 153.
Entretien des sources. 260.
Epicéa. 81. 90. 91. 92. 96. 101. 102. 104. 105. 122. 123. 124. 130. 136. 140. 147. 148. 167. 169. 170. 177. 196. 211. 217. 218. 222. 224. 279. 288. 293. 296. 297. 302. 308. 327. 329. 330. 332. 359. 396. 397. 406.
Epiderme. 124.
Epine vinette. 242.
Epoque des plantations. 298.
Epoque favorable pour l'exploitation. 387.
Epuisement du sol, 277. 280.
Equilibre (loi d'). 36.
Equisétinées. 24. 25. 27. 30.
Erable. 81. 90. 91. 96. 101. 104. 105. 124. 130. 136. 140. 147. 148. 217. 218. 222. 242. 293. 296. 297. 306. 375. 386.
Ericacées. 32.
Erythrophylle. 68.
Espacement des plants. 303.
Espalier. 407.
Espèce. 10. 85.
Essences volatiles. 121.
Essence de lumière. 105. 422.
Essence d'ombre. 100. 107. 375. 422.
Est (exposition de l'), 214.
Etang. 223.
Etêtement. 305. 400.
Etui médullaire. 133.
Eucalyptus. 124.
Evaporation. 41. 44. 52. 54. 102. 121. 122. 182. 207. 212 219. 221. 222. 225. 260. 265.
Evaporation des terrains. 174
Evolution de la graines. 93.
Evolution (loi d'). 11.
Excrétion des racines. 76. 278.
Exécution des semis. 292.
Exécution des travaux de plantation 300.
Exhalaison. 54.
Exigences des arbres. 165.
Exploitabilité en général. 349.
Exploitabilité suivant le plus grand produit en matière. 356.
Exploitabilité suivant les qualités et dimensions des bois. 351.
Exploitabilité suivant le taux de l'accroissement. 353.
Exploitation. 103. 112. 348. 420.
Exploitation à tire et aire. 395.
Exploitation des arbres et des massifs boisés. 348. 387.
Exploitations rapprochées. 114.
Exploitation (saison de). 101. 110. 390.
Exploitation (suspension de) 101. 391.
Exposition. 119. 213.
Exposition méridionale. 215. 246.

F
Faculté germinative des graines. 97.
Faisceaux fibro-vasculaires. 49.
Fécondation. 88.
Fécule (voir amidon).
Fer. 121. 183.
Ferment. 13. 38.
Ferment nitrique. 186.
Fermentation. 38.
Fermentation putride. 186. 188.
Fertilisation. 188.
Fertilité du sol. 70. 182. 183. 202.
Feuillage. 404.
Feuilles. 40. 47. 49.
Feuilles (accroissement des) 66.
Feuilles caduques. 52. 57. 63.
Feuilles (coloration des) 68.
Feuilles (dimension des) 212.
Feuilles (enlevemement des) 71. 199. 401.
Feuilles épaisses. 53.
Feuilles fines. 54.
Feuilles (forme des) 49.
Feuilles gelées. 66.
Feuilles laciniées. 58.
Feuilles larges. 53.
Feuilles luisantes. 54.
Feuilles molles. 52.
Feuilles mortes. 65. 66. 123. 177. 244. 334.
Feuilles (nombre de) 61.
Feuilles panachées. 49.
Feuilles persistantes. 52. 57. 63. 65.
Feuilles (poids des) 62. 326.
Feuilles (production des) 61.
Feuilles petites. 53.
Feuilles poilues. 52.
Feuilles rigides. 52.
Feuilles spongieuses. 54.
Feuilles (superficie des) 57.
Feuilles (surface des) 53.
Fibres ligneuses. 116. 120.
Fibrine. 121.
Fibrose. 120.
Fixation de la durée de la révolution. 418.
Fixation des arbres au sol. 46.
Fixation (organes de) 48.
Fleur. 44. 85.

Fleuraison. 85. 234. 241. 246.
Fleur femelle. 87.
Fleur mâle. 87.
Fleurs (parfum des) 87.
Fleuve. 222.
Foliation 60. 241. 216.
Fonctions. 36. 38.
Fonte des neiges. 143. 263.
Forces. 6.
Force des végétaux. 159.
Forêt jardinée. 342.
Forêt naturelle. 282.
Formation ligneuse. 127. 143. 160 358.
Formation subéreuse. 124.
Forme de la tige. 130. 267.
Forme des houppiers. 135. 137. 267. 305. 357. 401. 404.
Formes végétales. 33.
Fossés d'assainissement. 222. 292.
Foudre. 268.
Fougères. 24. 25. 27. 30. 233.
Fourneaux 203.
Fragilité des tiges 391.
Fraîcheur naturelle. 219. 222. 244.
Fraisier de Versailles. 10.
Frêne. 81. 90. 91. 96. 101. 104. 124. 136. 139. 140. 147. 148. 211. 217. 222 242. 296. 306. 352. 375. 386. 417.
Froid. 87. 238. 248.
Fructification. 85. 107 113. 235. 241. 255. 308. 359. 406.
Fruit. 85. 406.
Fruitiers (arbres) 104. 166.
Fusain. 242.
Fumée des usines. 58.
Fumure. 76. 193.
Furetage des taillis. 386.
Futaie. 197. 331. 340. 348. 357. 417.
Futaie (accroissement de la) 315.
Futaie jardinée. 363. 375.
Futaie régulière. 364.
Futaie sur taillis. 322. 363.

G

Gaz d'éclairage. 77.
Gazon. 104. 370.
Gazonnement. 261. 370.
Gel. 248.
Gelée. 103. 110. 228. 248. 391.
Gelée blanche. 250.
Gelée printanière. 84. 87. 143. 250. 313.
Gelivure. 250.
Génération spontanée. 7.
Genet. 104. 143.
Germination. 93. 105. 109. 221.
Germination (durée de la) 96.
Givre. 262.
Glucose. 39. 44. 96. 120.
Glycerine. 121.
Gobelet (forme en) 407.
Gomme. 39. 120.
Gomme (écoulement de) 397. 410.
Goût des fruits. 225.
Graines. 48. 289.
Graines ailées. 92.
Graines à semer (quantité de) 294.
Graines (choix de) 289.
Graines (conservation des) 91. 252.
Graines (essai des) 91.
Graines (humidité des) 91.
Graines légères. 91. 99. 293.
Graines lourdes. 91. 293.
Graines (maturation des) 90.
Graines nues. 90.
Graines vaines (déchet des) 294.
Graminées. 31.
Greffe. 47. 139. 308.
Greffe des racines. 310.
Greffe herbacée. 310.
Greffon 309.
Grêle. 262. 264.
Groseiller. 242.
Grossissement. 124. 133. 266. 397.
Grossissement de la tige. 157. 352.
Gui. 118.

H

Hache (coupe à la) 393.
Harmonie de la création 1.
Hauteur des arbres. 156.
Héliotropisme. 230.
Hépatiques. 30
Herbes. 104.
Herbe des prairies. 123.
Hêtre. 80. 88. 90. 91. 96. 102. 104. 106. 122. 123. 124. 130. 136. 140. 147. 148. 166. 167. 169. 170. 172. 177. 196. 208. 211. 217. 218. 222. 280. 293. 296. 297. 308. 326. 327. 329. 330. 332. 349. 353. 359. 375. 386. 417. 422.
Houppier. 108. 135. 142. 322. 333. 343. 369. 374.
Houx. 59. 104. 143.
Huile. 120.
Humidité. 88. 94. 102. 219. 235. 425.
Humus. 33. 71. 176. 199. 220. 368.
Humus acide. 178. 179. 368.
Humus astringent. 178. 180.
Humus charbonneux. 178.
Humus fertile. 178. 179.
Humus poudreux. 178. 179.
Hybridation. 86.
Hybrides. 11.
Hydrate de carbone. 121. 228.
Hydrogéne. 74. 77. 120. 183.
Hygroscopicité. 220.

I

If. 406.
Imbibition des sols boisés. 156.
Imbibition des terrains. 174.
Importance des massifs boisés. 425.
Incendie. 275. 280.
Incidence des rayons solaires. 213.
Incinération des plantes. 204.
Incision annulaire circulaire de l'écorce. 88. 370. 408.
Inclinaison de l'écliptique. 12.
Inclinaison des terrains. 234.
Infertilité des terrains. 201. 277.
Insolation. 216. 234.
Introduction. 1.
Irrigation. 193. 219.

J

Jachère. 276.
Jardinage. 109. 209. 217. 341. 373. 375. 422.
Jeu des organes végétaux. 38.
Juglandées. 32.

L

Labour, 103. 201.
Lac. 223.
Latitude. 225. 239.
Laurier. 406.
Laurinées. 31.
Levure de bière. 120.
Liber. 127.
Lichens. 32.
Liège. 120. 124.
Ligneux. 39. 115. 116.
Lignification. 101. 116. 117. 236. 391.
Lilas. 242.
Liliacées. 26. 28.
Limbe. 54.
Limite des culture. 218. 229.

Limite des espèces végétales. 240.
Litière (enlèvement de). 71. 148. 199. 334.
Littoral de la mer. 224.
Lois générales. 37.
Lois naturelles, 1. 5. 115. 279. 285. 427.
Longévite des arbres. 148.
Lonicérées. 31.
Lumière. 56. 89. 95. 99. 102. 146. 230. 251. 424.
Lumière bleu. 232.
Lumiére diffuse. 59.
Lumière jaune. 57. 232.
Lumière rouge. 57. 232.
Lumière verte. 57, 139. 233.
Lumière violette. 232.
Lumière zénitale. 372. 376.
Lunaisons. 391.
Lune. 232. 291.
Lycopodinées. 24. 25.

M

Magnésie. 121. 184.
Magnolia. 242.
Magnoliacées. 32.
Manganèse. 121.
Mannite. 39. 120.
Marais. 223.
Marche de la végétation. 20.
Marche des exploitations. 420.
Marcotte. 88. 307.
Marécage. 221. 223.
Marronnier. 242. 306. 309.
Martelage des réserves, 386.
Massifs boisés (composition des). 271.
Massifs boisés (développemt et production des). 315.
Massifs mélangés. 247.
Matière en général. 6.
Matière azotée, 119. 121. 128. 189.
Matière colorante. 121.
Matière grasse. 121.
Matière incrustante. 121.
Matière minérale. 120. 122. 166. 184. 277.
Matière organique. 184. 189.
Matière protéique. 119. 121. 128.
Maturation des semences. 90. 235.
Maximum d'accroissement. 361.
Maximum de production ligneuse. 357.
Medullose. 120.
Mélange des essences. 274. 283. 284.
Melèze. 81. 90. 91. 96. 101. 104. 105. 123. 124. 130. 136. 140. 147. 148. 169. 170. 217. 218. 222. 239. 288. 296. 422.
Mer. 223.
Mérisier. 80. 118.
Mérithalle. 153.
Micocoulier. 80. 96. 102. 104. 105. 208.
Migration des substances. 55. 66. 68. 94. 234. 408.
Milieux, (influence des) 8. 10. 33. 272.
Mise en terre des plants. 300.
Moderne. 384. 421.
Moelle. 120.
Monocotyledones. 28. 30.
Montagne. 217. 422.
Montagnes, (soulèvement des) 9. 23.
Morées. 31.
Motte, (plantation en). 303.
Mousses. 30. 233.
Mouton. 313. 411.
Mouvement des végétaux. 231.
Mutabilité des êtres. 13.
Multiplication des cellules. 154
Murier. 242.
Mycelium. 277.
Myricacées 31.
Myrtacées. 32.

N

Naiadés. 32.
Naturalisation. 271.
Nature des terrains. 167.
Nébulosité de l'air. 255.
Neige. 143. 262. 290. 425.
Nepenthes. 50.
Nervation. 48.
Nervures. 54.
Nettoiement. 236. 363. 364. 382. 420.
Nitrates. 181.
Nitrification. 186. 202. 223.
Noisetier. — voir *Coudrier*.
Nombre des tiges d'un massif. 358. 369.
Nord (exposition du). 214).
Noyer. 91. 242. 306.
Nuages. 56. 236. 254.
Nuit. 144.
Nutrition 46. 47. 50. 74. 79. 188. 231.
Nutrition, (organe de). 48. 49.
Nymphacées. 32.

O

Obscurité. 231. 233. 236.
Oleacées. 31.
Olivier. 124. 140. 147. 170. 217. 406.
Ombrage. 139. 404.
Ombre. 58. 139. 236.
Opérations culturales. 416. 421.
Orage. 185. 236. 260. 268.
Oranger. 406.
Ordre des exploitations. 420.
Orientation. 210. 213. 282. 305.
Organes. 36. 38.
Organes naissants 101.
Organes de nutrition. 48. 49. 73.
Organes, (relations des). 85.
Organes de reproduction. 82.
Organes de support. 79. 114. 133.
Organisme. 16.
Orge. 233. 272.
Orme. 77. 81. 90. 91. 96 101. 104. 105. 124. 130. 136. 140. 148. 166. 169. 170. 172. 208. 211. 217. 222. 242. 264. 352. 386. 417.
Oscillations périodiques. 12.
Osier. 222. 223.
Ouest, (exposition de). 215.
Oxygène. 74. 77. 95. 120. 183.
Ozone. 268. 270.

P

Palmier. 31. 81.
Pandanacées. 28.
Pandanées. 31.
Paraxylose. 120.
Parcellaire. 416.
Parcelles, (établissement des). 416.
Parfum des fleurs. 87. 235. 247.
Pâturâge. 313. 401. 427.
Pecher. 242.
Penicilium glaucum. 38.
Pente. 134. 141. 208.
Perfectibilité des êtres. 9.
Perfectibilité des formes. 7.
Périodes. 416.
Période embryonnaire. 98. 100.
Périodes géologiques. 20.
Perméabilité des terrains. 174.
Persistance des feuilles. 60. 63.
Pétiole. 44.
Peuplements mélangés. 364.
Peuplier. 81. 90. 91 96. 101. 104. 105. 124. 130.

136. 140. 147. 148. 170. 211. 217. 222. 223. 242. 252. 306. 375. 397.
Phellogène. 124.
Phénomènes aqueux. 254.
Phénomènes atmosphériques. 37. 225.
Phénomènes électriques. 268.
Phosphates. 183.
Phosphore. 121. 183.
Physiologie. 2.
Pierrailles. 171.
Pierres. 171. 292. 301.
Pierres plates. 172 293.
Pilorhize. 155.
Pin d'Alep. 80 90. 91. 101. 102. 104. 105. 124. 130. 140. 147. 148. 166. 172. 208. 211. 217. 224. 288. 296. 297.
Pin d'Autriche. 172.
Pin Cembro. 90. 91. 92. 96. 101. 104. 147. 148. 263. 288.
Pin Laricio. 80. 90 101. 124. 130. 147. 170. 217. 218. 288. 296.
Pin maritime. 64. 81. 90. 91. 101. 102. 104. 105. 124. 140. 147. 148. 166. 170. 208. 211. 217. 224. 287. 288. 297.
Pin des montagnes. 90. 96. 101. 147.
Pin pinier ou pignon. 104. 170. 208. 217. 224. 234. 288. 297.
Pin sylvestre. 81. 82. 90. 91. 96. 101. 104. 105. 122. 130. 136. 140. 147. 148. 167. 170. 177. 196. 205. 211. 217. 218. 234. 293. 296. 327. 329. 330. 359. 422.
Pin Weymouth. 278. 296.
Pivot central. 82.
Pivot (suppression du). 193.
Place d'atelier. 396.
Place d'essai. 362.
Plaie. 314. 403.
Plaine 33. 141. 208.
Plançon. 307
Plant. 76. 98. 100. 105.
Plant de basse tige. 297. 303.
Plant (choix du). 297,
Plant de fortes dimensions. 304.
Plant de haute tige. 297. 303.
Plantation. 286. 297. 311.
Plantation des boutures. 307.
Plantation en butte 206. 301.
Plantation en motte. 303.
Plantation en touffe. 303.
Plantations (époque et temps des) 298.
Plantation d'ornement et de promenades. 304.
Plantation des vides. 269.
Plantes aquatiques. 33.
Plantes calcicoles. 166.
Plantes calcifuges. 166.
Plantes indifférentes. 166.
Plantes terrestres. 33.
Plantule. 95.
Platane. 124. 130. 222. 223. 306
Platanées. 31.
Plateau. 208.
Pluie. 88. 178. 226. 256. 258. 425.
Pluie (nombre de jours de). 259.
Poils radiculaires 74. 192.
Pollen 88.
Pollen (dispersion du). 266.
Point végétatif. 76. 155.
Poirier. 242.
Pomacées. 32.
Pommier. 242.
Poquets. 294. 302.
Porosité des terrains. 174.
Port des arbres. 137.
Porte-graine. 106.
Possibilité (appréciation de la). 419.
Possibilité annuelle moyenne. 337.
Possibilité des massifs boisés. 334.
Possibilité par arbres. 342.
Possibilité par contenance. 335. 338. 419.
Possibilité par dimension des arbres. 346.
Possibilité par nombre d'arbres. 335. 342.
Possibilité par volume. 335. 336. 419.
Potasse. 121. 122. 124. 183.
Poussière (enlèvement de la) 267.
Précocité de la végétation. 42.
Préparation des terrains. 291.
Production foliacée. 61. 70. 73. 194. 326.
Production ligneuse. 72. 115. 118. 194. 210. 326. 353. 365
Production ligneuse des massifs. 315. 320. 325. 333.
Production ligneuse des massifs (détermination de la). 334.
Production organique. 115.
Productivité des terrains. 182
Produit des branches. 136.
Produit des éclaircies. 366.
Produit des racines. 133.
Produit soutenu. 338.
Promenade publique. 404.
Propagation des essences. 271.
Propriétés physiques des terrains. 172.
Proteacées. 31.
Prunier. 242.
Putrefaction. 186.
Pyramide (taille en) 407.

Q

Qualité des bois, 387.
Quantité de graines à semer, 294.
Quantité de plants à planter, 303.

R

Racine, 48, 73, 133, 134, 210, 241, 306.
Racine adventive, 76, 307.
Racine (allongement de la) 153.
Racine drageonnante, 80.
Racine en décomposition, 306.
Racine étalée, 81.
Racine (extension de la), 82.
Racine pivotante, 79, 134, 191, 193.
Racine pivotante et traçante, 81.
Racine secondaire, 76.
Racine traçante, 80, 135.
Recru, 421.
Radicelle, 75.
Rajeunisiement des taillis, 324.
Ramée, 400.
Ramification, 136.
Ravalement des souches, 395.
Ravinement, 261, 426.
Rayons calorifiques, 232.
Rayons chimiques, 232.
Rayons lumineux, 232, 233.
Rayons medullaires, 116, 120.
Rayonnement nocturne, 257.
Réalisation des produits. 416, 419.
Reboisement, 261, 285.
Recepage, 76, 311.
Récolte des semences, 91.
Recouvrement des plaies, 402.
Recouvrement des souches, 391, 395, 411.
Réensemencement naturel, 422.
Refroidissement du sol, 143.

Régénération naturelle, 371, 401.
Région agricole, 273.
Région montagneuse, 217.
Rejet adventif. 110.
Rejet de souches, 88. 110. 150. 320. 322. 333. 349. 390. 410.
Rejet proventif. 110.
Relèvement des branches. 395.
Relief extérieur des terrains. 208.
Remanent d'exploitation. 396.
Remplacement des arbres morts. 306.
Remplacement des essences. 268.
Rendement. 197.
Renflement du tronc. 131. 158.
Répétition des organes (loi de) 36.
Repeuplement artificiel. 285, 297.
Repeuplement naturel, 102, 104.
Repiquage des résineux. 299.
Reproduction. 46. 48.
Reproduction (organes de 48.
Réserves. 106. 142. 216. 382. 385. 421.
Réserves (distribution des) 385.
Réserves (espacement des) 247. 342.
Rèserves (isolation des) 90.
Réserves (nombre des) 325. 385. 421.
Résine. 121. 247
Résorpion. 45. 66. 86
Respiration. 39. 43. 49 50. 59. 65. 77. 243.
Restitution (loi de) 188.
Rétrogradation. 101. 115.
Revenu des bois. 355.
Revenu le plus élevé. 353. 356.
Révolution. 114.
Révolution (fixation de la) 349. 416. 418.
Rivière. 222.
Robinier. 90. 91 96. 101. 102. 104 105. 124. 140. 147. 148. 170. 208. 211. 216. 242. 293. 296. 297. 306.
Ronce. 104.
Rosée 227. 256. 302. 425.
Rotation des arbres. 283.
Rotation des coupes. 379. 380.
Rotation des cultures. 276
Roulure. 251.
Rusticité des essences, 101.

S

Sable 169.
Saisons. 115.
Saison d'abatage. 390.
Salicécs. 31.
Sapin. 80. 90. 91. 92. 96. 101. 102. 104. 124. 130. 136. 140. 147. 148. 166. 169. 211. 217. 218. 222. 278. 293. 296. 297. 310. 329. 330 332. 353. 355. 359. 375. 422.
Sapindacées. 32.
Sapotacées. 32.
Sarclage. 206. 227.
Sarracenia. 50.
Saule. 80. 81. 90. 91. 101. 104. 105. 124. 136. 140. 147. 148. 170. 208. 212. 217. 222. 223. 242. 280.
Saut du piquet. 393.
Saveur des productions végétales. 235.
Scie (coupe à la). 112. 394.
Sciures. 396.
Sécheresse. 88. 243.
Séction des tiges. 112. 392.
Sécrétion des racines. 76. 278.
Segmentation des cellules. 116. 154.
Sels minéraux (répartition des). 55.
Semences (récolte des) 91.
Semences (dissemination des). 90.
Semis. 93. 286.
Semis artificiel. 288.
Semis d'automne. 290.
Semis de printemps. 290.
Semis en plein. 294.
Semis (époque des) 289.
Semis naturel. 101. 102.
Semis partiel. 294.
Semis sur la neige. 290.
Séries (établist. des). 416.
Serpe (coupe à la). 393.
Sève. 41. 184 216.
Sève. (circulation de la) 110. 246.
Sève élaboré descendante. 132.
Sigillariées. 24.
Silice. 121. 123. 169. 183.
Situation. 212.
Smilacées. 31.
Sol et sous-sol. 163.
Soleil. 225. 230.
Sophora. 306.
Sophorées. 32.
Sorbier. 80. 90. 91. 96. 101. 104. 105. 124. 140. 147. 172. 208. 217. 218. 242.
Souche. 133.
Souches (durée des) 112.
Souches (rajeunissement des). 152.
Souches (recouvrement des) 391. 395. 411.
Soude. 121. 183.
Soufre. 121. 183.
Soulèvement des montagnes. 9. 23. 33.
Source. 222. 425.
Sous bois, 365. 379. 422.
Sous-étage d'arbuste. 143. 221. 365. 372. 374.
Sous-sol. 203.
Sphæroplea annulina. 97.
Stabilité des arbres. 134. 164. 223.
Station des plantes. 83.
Station végétale. 35.
Steppes. 227.
Stipe. 116.
Stomates. 52. 54. 56. 231.
Structure des arbres 137.
Substance ligneuse. 115.
Succession des essences. 275.
Succion des racines. 156.
Sucre. 39. 94. 120. 215. 228. 244.
Sud (exposition du) 215.
Sulfate de chaux. 171.
Support (organe de) 49.
Sureau. 242.
Suspension des exploitations. 101. 391.

T

Tabac. 252.
Taille des arbres 397. 404.
Taille des arbres fruitiers. 406.
Taille des plants. 76. 301. 305.
Taille d'été, en vert. 409.
Taillis composé. 322. 417.
Taillis en général. 111. 113. 228. 320. 339. 348. 381.
Taillis fureté. 386.
Taillis simple. 152. 197. 320. 331. 348. 360. 382. 417.
Taillis sous-futaie. 142. 197. 322. 331. 348. 363. 383.
Tanin. 121. 124. 128. 246.
Tassement du terrain. 173. 306.
Taux d'accroissement des bois. 353.
Taxacées. 31.

Taxodinées 31.
Tempérament des jeunes plants. 101.
Température. 90. 94. 212. 238. 241.
Température des terrains. 175. 245.
Température moyenne. 238. 241.
Temps des plantations. 298
Tenacité des terrains 173.
Terrains. 37. 103. 163.
Terrain cretacé. 28.
Terrain cumbrien. 21.
Terrain de l'époque tertiaire. 29.
Terrain devonien. 21.
Terrain du lias. 26.
Terrain du trias. 26.
Terrain houiller. 23.
Terrain jurassique. 26
Terrains marécageux. 223.
Terrain oolithique. 26.
Terrain permien. 25.
Terrain primitif. 21.
Terrain sablonneux. 349.
Terrain silurien. 21.
Terre pétrie. 301.
Tétard. 399.
Tige (allongemt. de la) 153.
Tige cylindrique. 132.
Tige (forme de la) 130. 352.
Tige (grossissement de la) 257.
Tige ligneuse 114. 133.
Tilleul. 81. 90. 91. 96. 101. 102. 104. 124. 140. 147. 148. 169. 208. 217. 218. 222. 242. 306.
Tire et aire (coupe à) 341.
Tissus cellulaire. 111.
Tissus subéreux. 124.
Tissus utriculaire. 120.
Torrent 222.
Torsion des branches· 406. 408. 409.
Torsion des fibres. 131.
Torsion des végétaux. 149.
Touffes (plantation par). 303.
Tourbe. 188.
Traitement des arbres. 271.
Traitement des forêts. 417.
Trametes pini. 398.
Transformation des cellules 77.
Transpiration. 54. 231. 257. 265.
Transplantations. 76. 298.
Transport des plants. 300.
Travaux de plantation. 300.
Tremble. 80. 81. 208. 222. 224. 280. 332.
Tronc. 116. 246
Tronc (forme du) 130.
Trous. 104. 106. 109 372. 376. 422 423.
Trous pour plantation 305.
Trous (semis par). 294.
Turgescence. 42. 101. 391.
Turgescence des cellules. 149.
Turgescence des tissus. 144

U

Ulmacées. 31.
Ulmine. 120.

V

Vaisseaux. 116.
Valeur du jeune recru. 353.
Vallées. 80. 211.
Vapeur d'eau. 254. 255. 265.
Vapeur d'eau vésiculaire. 254.
Variabilité des espèces. 11.
Variations thermométriques 245. 252.
Variétés. 10. 85.
Végétal. 15.
Végétation. 15. 38.
Végétation des plantes (durée de la) 272.
Végétation forestière. 197.
Végétaux aquatiques. 81.
Végétaux calcicoles. 166.
Végétaux calcifuges. 166.
Végétaux fossiles. 20.
Végétaux indifférents. 166.
Végétaux silicicoles. 186.
Vent. 88. 105. 143. 210. 265.
Vent de mer. 224.
Versant. 33. 208.
Vergers. 406.
Verticille. 156.
Vide. 133.
Vie. 17. 38.
Vieille écorce 384.
Vigne. 242. 299. 307.
Vitesse des fluides dans les végétaux. 54.
Volume des branches. 136.
Volume des racines. 133.
Volume ligneux des arbres. 356.

X

Xantophylle. 68.
Xylogène. 116.
Xylose. 120.

Z

Zimaze. 120.
Zone génératrice. 127.

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES

AU LECTEUR. — Pourquoi ce livre a été écrit v

INTRODUCTION. 1

LIVRE I

DES LOIS NATURELLES RELATIVEMENT AUX VÉGÉTAUX.

CHAPITRE I. — Conséquences de l'harmonie de la création. . 5

CHAPITRE II. — De la matière. — Des forces 6

CHAPITRE III. — Des créations. — Perfectibilité des formes suivant les conditions d'existence . . . 7

CHAPITRE IV. — Des végétaux et de la végétation 15

CHAPITRE V. — Marche de la végétation pendant les périodes géologiques. 20

§ 1. — Observations générales 20

§ 2. — Première période. — Terrain Silurien . . . 21

§ 3. — Seconde période. — Terrain Devonien . . . 21

§ 4. — Troisième période. — Terrain Houiller . . 23

§ 5. — Quatrième période. — Terrain Permien. . . 25

§ 6. — Cinquième période. — Terrain du Trias. . . 26

§ 7. — Sixième période. — Terrain Jurassique-lias-oolithique 26

§ 8. — Septième période. — Terrain Crétacé . . . 28

§ 9. — Huitième période.— Terrain de l'époque tertiaire. 29

CHAPITRE VI. — Conditions d'existence des végétaux. 32

LIVRE II

DE L'ACTIVITÉ VITALE DES VÉGETAUX

CHAPITRE I. — Aperçu des phénomènes se rapportant au jeu des organes végétaux. 38

CHAPITRE II. — Caractères, importance et classification des organes végétaux 46

CHAPITRE III. — Organes de nutrition 49
Section I. — Des feuilles 49
§ 1. — Forme et contexture des feuilles 49
§ 2. — Evaporation. — Exhalaison. — Transpiration des feuilles 54
§ 3. — Ombre produite par les feuilles. 58
§ 4. — Consistance. — Quantité. — Persistance des feuilles. 60
§ 5. — Défeuillaison. — Chute des feuilles mortes. . 65
§ 6. — Effeuillaison 72
Section II. — Des racines (comme organes de nutrition). . 73
§ 1. — Organisation. — Fonctions. 73
§ 2. — Enracinement 78
1° Racines pivotantes. 79
2° Racines traçantes 80
3° Racines pivotantes et traçantes 81

CHAPITRE IV. — Organes de reproduction 82
Section I. — Des bourgeons 82
Section II. — Fleuraison. — Frutification 85
§ 1. — Des fleurs et des fruits 85
§ 2. — Maturation et dissémination naturelle des semences 90
Section III. — Evolution de la graine. 93
§ 1. — Germination des semences. — Embryon. . . 93
§ 2. — Des jeunes plants. 98
Section IV. — Dispersion des graines pour l'ensemencement 102
§ 1. — Observations sur les semis naturels, ... 102
1° Arbres de lumière 105
2° Arbres d'ombre 107
Section V. — Des rejets de souches. 110

CHAPITRE V. — Organes de support. 114
Section I. — Composition du corps ligneux en général. . 114
Section II. — Des couches corticales 124
Section III. — Forme de la tige ou du tronc. 130
Section IV. — Enracinement des arbres dans le sol 133
§ 1. — De la souche en général. 133
§ 2. — Racines pivotantes 134
§ 3. — Racines traçantes. 135
Section V. — Des branches 135
§ 1. — Direction en général. — Forme latérale ou horizontale du houppier 135
§ 2. — Port des arbres.—Forme verticale du houppier. 137

§ 3. — Couvert des arbres 139
Section VI. — Croissance des végétaux ligneux 143
§ 1. — Croissance des arbres en général. 143
§ 2. — Croissance des brins de semence 149
§ 3. — Croissance des rejets de souches 150
§ 4. — Allongement des axes; — Tige, — Branches, Racines 153
§ 5. — Grossissement de la tige 157
§ 6. — Accroissement des arbres isolés 160

LIVRE III

DES TERRAINS

CHAPITRE I. — De la nature et des qualités des terrains . . 163
Section I. — Du sol et du sous-sol, relativement à la stabilité et à la nutrition des végétaux en général. 163
Section II. — Influence de la nature du sol sur la distribution et la végétation des arbres . . . 165
Section III. — De la nature des terrains 167
§ 1. — L'argile 167
§ 2. — Le sable 169
§ 3. — Le calcaire. 170
Section IV. — Propriétés physiques des terrains 172
§ 1. — Observations générales 172
§ 2. — Densité — Compacité — Ténacité 173
§ 3. — Perméabilité — Porosité — Absorption. . . 174
§ 4. — Imbibition — Évaporation 174
§ 5. — Echauffement 175
Section V. — Détritus formant la couverture du sol. Humus 176

CHAPITRE II. — De la productivité des terrains 182
Section I. — De la fertilité de la terre par rapport à la nutrition et à la végétation des arbres isolés ou en massif 182
Section II. — Culture du sol. 200
§ 1. — But de la culture — Differents genres de travaux de culture 200
§ 2. — Travaux de culture profonde. 201
1° Labours 201
2° Défoncements. 203
3° Ecobuage. 203
§ 3. — Travaux de culture superficielle 205
1° Ameublissement. 205

2° Billonnage 206
3° Buttage 206
4° Sarclage 206
5° Binage. 207

CHAPITRE III. — Du relief extérieur des terrains 208
Section I. — Des plaines et des plateaux 208
Section II. — Versants et Pentes. 208
Section III. — Des vallées 211
Section IV. — Situation — Altitude. 212
Section V. — De l'Exposition 213
Section VI. — Des régions montagneuse — Des montagnes. 217

CHAPITRE IV. — De l'humidité des terrains par les eaux superficielles ou souterraines 219
Section 1. — Fraicheur naturelle — Irrigation 219
Section II. — Eaux courantes — Sources, Fleuves, Rivières, Torrents 222
Section III. — Eaux non courantes — Étangs, Marais, Lac, Mer 223

LIVRE IV

DES PHÉNOMÈNES ATMOSPHÉRIQUES

CHAPITRE I. — Des climats en général 225

CHAPITRE II. — De la lumière 230

CHAPITRE III. — De la température. 238
Section I. — Relations générales entre la température et la végétation 238
Section II. — De la chaleur — Sécheresse 243
Section III. — Du froid — Gel — Dégel. 248

CHAPITRE IV. — Phénomènes aqueux de l'atmosphère . . . 254
Section I. — De l'eau à l'état gazeux — Vapeur d'eau, Brouillards, Nuages 254
Section II. — De l'eau à l'état liquide — Rosées, Pluies, Orages 256
Section III. — De l'eau à l'état solide — Givre, Neige, Grêle 262

CHAPITRE V. — Courant d'air, Vent d'impulsion et d'aspiration, Brises 265

CHAPITRE VI. — Des phénomènes électriques, Foudre, Ozone 268

LIVRE V

DÉDUCTIONS ET APPLICATIONS DES LOIS NATURELLES ET DES PRINCIPES DE LA PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE AU TRAITEMENT DES ARBRES ISOLÉS ET EN MASSIFS.

CHAPITRE I. — Composition des massifs. 271
Section I. — Acclimatation, Naturalisation, Propagation des essences 271
Section II. — Mélange et Alternance des essences dans les massifs boisés 274

CHAPITRE II. — De la création des massifs d'arbres — Reboisement 285
Section I. — Des repeuplements artificiels en général . . 285
Section II. — Semis artificiels 288
§ 1. — Choix des essences 288
§ 2. — Choix des graines 289
§ 3. — Epoque des semis 289
§ 4. — Préparation du terrain. 291
§ 5. — Exécution des semis 292
§ 6. — Quantité de graines à semer. 294
Section III. — Plantations 297
A — Arbres en massifs— Plants de haute et basse tige 297
§ 1. — Considérations générales — Choix des plants 297
§ 2. — Temps et époques des plantations . . . 298
§ 3. — Exécution des travaux de plantation . . . 300
§ 4. — Quantité de plants à employer — Espacement 303
B. — Arbres isolés et d'ornement 304
§ 1. — Plants de fortes d'imensions pour parcs, jardins, avenues ou promenades . . . 304
§ 2. — Arbres fruitiers 306
Section IV. — Boutures — Marcottes 307
Section V. — Greffe 308
Section VI. — Du recepage. 311
§ 1. — Recepage des plantations 311
§ 2. — Recepage des brins abroutis et rabougris . 313

CHAPITRE III. — Développement et production ligneuse d'un massif boisé. 315
Section I. — Accroissement d'un massif boisé 315
§ 1. — Des futaies. 315
§ 2. — Des taillis 320
1° Des taillis simples 320
2° Des taillis composés — Taillis sous futaie ou Futaie sur taillis 322

Section II. — Production ligneuse des massifs boisés . . 325
§ 1. — De la production ligneuse, en général, dans les futaies et dans les taillis simples et composés 325
§ 2. — Détermination de la production ligneuse ou possibilité des massifs boisés . . . 334
1° Possibilité par volume 336
2° Possibilité par contenance 338
A — Taillis 339
B — Futaie 340
3° Possibilité par arbres 342
A — Possibilité par nombre d'arbres. . 342
B — Possibilité par dimension des arbres 346
CHAPITRE IV. — De l'exploitation des arbres et des massifs 348
Section I. — Du choix des divers modes d'exploitation et de leur conditions générales 348
Section II. — Fixation de la révolution d'après l'exploitabilité des massifs boisés 349
§ 1. — De l'exploitabilité en général 349
§ 2. — Exploitabilité suivant la qualité ou les dimensions des bois. 351
§ 3. — Exploitabilité suivant le taux de l'intérêt de l'accroîssement et des transactions. . . 353
§ 4. — Exploitabilité suivant le plus grand produit en matière 356
1° Arbres isolés. 356
2° Arbres en massif. 357
A — Futaie 357
B — Taillis simples 360
C — Peuplements mélangés — Taillis sous futaie — Futaie sur taillis — Futaies jardinées 363
Section III. — Des coupes à pratiquer dans les massifs boisés. 364
§ 1. — Futaies ordinaires ou régulières 364
1° Des nettoiements 364
2° Des coupes d'éclaircies 365
3° Coupes de régénération ou principales. 368
A — Coupes d'ensemencement par éclaircissage 369
B — Coupes de sélection par extraction d'arbres et en jardinant. 371
C — Coupe par bandes alternes ou par bonquets - 373
D — Coupes à tire et aire, avec réserves 373

E — Coupes à blanc-étoc. 374
§ 2. — Futaies jardinées 375
— Coupes jardinatoires — Jardinage . . . 375
§ 3. — Des taillis 381
1° De l'assiette des coupes 381
2° Des nettoiements 382
3° Des réserves 382
A — Balivage dans les taillis simples . 382
B — Balivage dans les taillis sous futaie 383
C — Furetage des taillis 386
Section IV. — De l'exploitation des arbres 387
§ 1. — Coupe des tiges 387
1° Epoque favorable pour l'exploitation . 387
2° De l'abatage. — Règles à suivre pour exploiter les bois. 392
§ 2. — Coupe des branches. 396
1° De la suppression et de la coupe des branches en général 396
2° De l'élagage des arbres — Des têtards 399
3° De l'émondage — Taille des arbres d'agrément — Promenades publiques 404
4° De la taille des arbres fruitiers 406
§ 3. — De l'écorçage 410
CHAPITRE V. — Considérations générales sur l'aménagement des massifs boisés 412
Section I. — Principes généraux de l'aménagement des forêts 412
Section 2. — Plan d'étude pour un aménagement . . 415
§ 1. — Détermination du traitement des forêts . . 417
§ 2. — Fixation de la durée de la révolution. . . 418
§ 3. — Réalisation des produits. 419
1° Appréciation de la possibilité 419
2° Ordre et marche des exploitations . . . 420
3° Opérations culturales ou forestières. . . 421
CHAPITRE VI. — Considérations générales sur l'importance de la conservation des arbres et des massifs boisés 425
TABLE ALPHABÉTIQUE DES MOTS TECHNIQUES 429

14 1914